

(19)



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **10240791 A**

(43) Date of publication of application: **11.09.98**

(51) Int. Cl.

G06F 17/50
G06F 17/00

(21) Application number: 09044455

(22) Date of filing: 27.02.97

(71) Applicant: **FUJITSU LTD**

(72) Inventor: **ARITA YUICHI**
NOZAKI NAOYUKI
IZUMI KOJI

(54) ASSISTING DEVICE FOR EVALUATION OF EQUIPMENT OPERABILITY

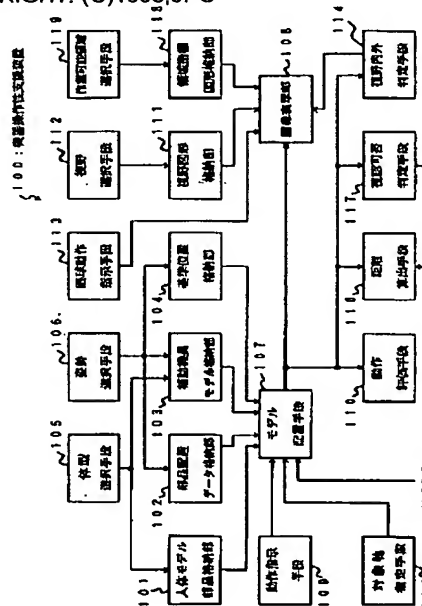
human body model.

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To easily examine the operability of the laid-out equipment and the operability of the equipment alone through simulation by displaying images obtained by viewing a three-dimensional virtual space where an equipment model and a human body model are arranged viewpoints different from the viewpoint of the human body model.

SOLUTION: When the posture of the human body model is changed by a posture selecting means 106, a model arranging means 107 changes the posture of the human body model arranged in a simulation space. The model arranging means 107 changes the human body model arranged in the simulation space to the posture selected by the posture selecting means 106 so that the reference position of the posture after the change meets a specific position in the simulation space. An image display part 108 displays an image obtained by viewing the simulation space where the human body model is arranged by the model arranging means 107 (for example, the human body model is standing or sitting on a chair) from a viewpoint different from the viewpoint of the

COPYRIGHT: (C)1998,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-240791

(43) 公開日 平成10年(1998) 9月11日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

G 0 6 F 17/50
17/00G 0 6 F 15/60
15/20
15/606 1 2 L
Z
6 1 0 C

審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 32 頁)

(21) 出願番号 特願平9-44455

(22) 出願日 平成9年(1997) 2月27日

(71) 出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号

(72) 発明者 有田 裕一

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内

(72) 発明者 野崎 直行

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内

(72) 発明者 出水 宏治

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内

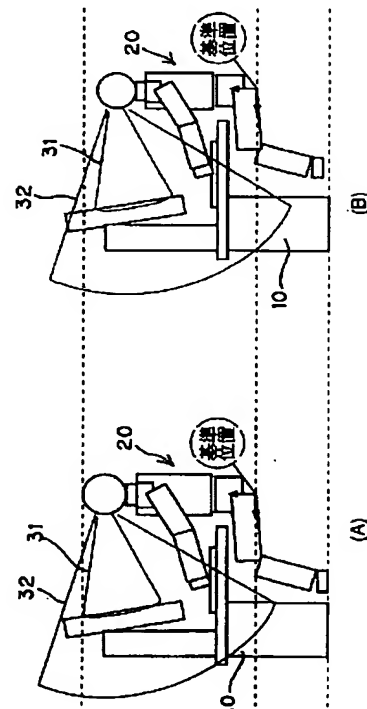
(74) 代理人 弁理士 山田 正紀

(54) 【発明の名称】 機器操作性評価支援装置

(57) 【要約】

【課題】本発明は、シミュレーション空間内に、設計対象機器あるいはレイアウト対象機器の形状を模擬した機器モデルを配置するとともに、機器の操作を想定した人体モデルを配置し、その人体モデルをそのシミュレーション空間内で動作させることにより機器の操作性の評価を支援する機器操作性評価支援装置に関し、機器の操作性を、シミュレーションにより、容易かつ正確に検証する。

【解決手段】シミュレーション空間に配置される人体モデルの基準位置を、その人体モデルの基本姿勢に応じて定義しておき、体型の異なる人体モデルに変更したとき、変更前後で基本位置が一致するように、変更後の人体モデルをシミュレーション空間に配置する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 三次元仮想空間内に、評価対象機器の形状を模擬した機器モデルを配置するとともに人体の形状を模擬した人体モデルを配置し、該人体モデルを該三次元仮想空間内で動作させることにより、該評価対象機器の操作性の評価を支援する機器操作性評価支援装置において、

人体の形状を模擬した複数の人体モデルであって、これら複数の人体モデルが 1 つ以上にグループ分けされてなる各グループ別に人体上の異なる位置に相当し、かつ、各グループ内では人体上の共通の位置に相当する、各人体モデル上の基準位置が定義されてなる複数の人体モデルを格納する人体モデル格納部と、

前記人体モデル格納部に格納された人体モデルの中から前記三次元仮想空間内に配置される人体モデルを変更自在に選択する人体モデル選択手段と、

前記三次元仮想空間内に前記機器モデルを配置するとともに、前記三次元仮想空間内に、前記人体モデル選択手段により選択された人体モデルを配置し、前記人体モデル選択手段により、前記三次元空間内に配置される人体モデルとして、該三次元仮想空間内に現在配置されている人体モデルが属するグループと同一のグループに属する人体モデルが選択された場合に、該三次元仮想空間内における、変更前の人体モデルの基準位置と変更後の人体モデルの基準位置とが一致するように、変更後の人体モデルを、変更前の人体モデルに代えて、前記三次元仮想空間内に配置するモデル配置手段と、

前記モデル配置手段により機器モデルおよび人体モデルが配置された三次元仮想空間を該人体モデルの視点とは異なる視点からみた画像を表示する画像表示部とを備えたことを特徴とする機器操作性評価支援装置。

【請求項 2】 前記人体モデル格納部が、体型の異なる複数の人体それぞれの形状を模擬した複数の人体モデルを構築するための、人体各部の形状を模擬した人体モデル部品が格納されてなる人体モデル部品格納部と、

前記人体モデル部品格納部に格納された人体モデル部品を配置して人体モデルを構築する部品配置データを、人体モデルの複数の姿勢それぞれに対応して格納してなる部品配置データ格納部と、

人体モデルを三次元仮想空間内に配置したときに該三次元仮想空間内の位置が体型とは無関係に規定される人体モデル上の基準位置をあらわす基準位置データを、人体モデルの複数の姿勢それぞれについて格納してなる基準位置格納部とを備え、

複数の人体モデル選択手段が、

前記三次元仮想空間内に配置される人体モデルの体型を変更自在に選択する体型選択手段と、

前記三次元仮想空間内に配置される人体モデルの姿勢を変更自在に指定する姿勢指定手段とを備え、

前記モデル配置手段が、前記三次元仮想空間内に前記機器モデルを配置するとともに、前記三次元仮想空間内に、前記体型選択手段により選択された体型の人体モデルを、前記姿勢指定手段により指定された姿勢で配置し、前記体型選択手段により前記三次元仮想空間内に配置される人体モデルの体型が変更された場合に、変更後の人体モデルの姿勢が変更前の人体モデルの姿勢と同一の姿勢であって、かつ、該三次元仮想空間内における変更前の人体モデルの基準位置と変更後の人体モデルの基準位置とが一致するように、変更後の体型の人体モデルを、変更前の体型の人体モデルに代えて、前記三次元仮想空間内に配置するものであることを特徴とする請求項 1 記載の機器操作性評価支援装置。

【請求項 3】 前記部品配置データ格納部が、人体モデルの複数の姿勢それぞれに対応して、人体モデル部品の可動範囲をあらわす可動範囲データを格納してなるものであって、

前記三次元仮想空間内に配置された人体モデルの動作を指示する動作指示手段を備え、

前記モデル配置手段が、前記動作指示手段による人体モデルの動作指示に応じて、前記三次元仮想空間内に配置された人体モデルを、該人体モデルの姿勢に応じた可動範囲内で動作させるものであることを特徴とする請求項 2 記載の機器操作性評価支援装置。

【請求項 4】 前記三次元仮想空間内に配置された人体モデルの動作を評価する動作評価手段を備えたことを特徴とする請求項 3 記載の機器操作性評価支援装置。

【請求項 5】 三次元仮想空間内に、評価対象機器の形状を模した機器モデルを配置するとともに人体の形状を模擬した人体モデルを配置し、該人体モデルを該三次元仮想空間内で動作させることにより、該評価対象機器の操作性の評価を支援する機器操作性評価支援装置において、

人体モデルの視野をあらわす視野図形が格納された視野図形格納部と、

前記機器モデルおよび前記人体モデルが配置された三次元仮想空間を該人体モデルの視点とは異なる視点からみた画像を表示するとともに、該画像上に、人体モデルの視野をあらわす視野図形を表示する画像表示部とを備えたことを特徴とする機器操作性評価支援装置。

【請求項 6】 前記視野図形格納部が、視認性の程度が異なる複数段階の視野をあらわす複数の視野図形を格納してなるものであり、

前記複数段階の視野の中から、表示用の視野を、複数段階の視野の同時選択を許容して選択する視野選択手段を備え、

前記画像表示部が、画像上にあらわれた人体モデルの、前記視野選択手段で選択された 1 もしくは複数段階の視野をあらわす視野図形を表示するものであることを特徴とする請求項 5 記載の機器操作性評価支援装置。

【請求項 7】 三次元仮想空間内に、評価対象機器の形状を模した機器モデルを配置するとともに人体の形状を模擬した人体モデルを配置し、該人体モデルを該三次元仮想空間内で動作させることにより、該評価対象機器の操作性の評価を支援する機器操作性評価支援装置において、

前記三次元仮想空間内に配置された人体モデルの視点から見た画像上の、視認性の程度が異なる複数段階の視野範囲を指標する複数の視野図形を格納してなる視野図形格納部と、

前記複数段階の視野範囲の中から、表示用の視野範囲を、複数段階の視野範囲の同時選択を許容して選択する視野選択手段、

前記三次元仮想空間内に配置された人体モデルの視点から見た画像を表示するとともに、該画像上に、前記視野選択手段で選択された 1 もしくは複数段階の視野範囲をあらわす視野図形を表示する画像表示部とを備えたことを特徴とする機器操作性評価支援装置。

【請求項 8】 前記三次元仮想空間内に配置された人体モデルの眼球の動きを指示する眼球動作指示手段を備え、

前記画像表示部が、前記眼球動作指示手段による人体モデルの眼球の動きに、該人体モデルの視点から見た画像上に表示された視野図形の 1 つを連動させるものであることを特徴とする請求項 7 記載の機器操作性評価支援装置。

【請求項 9】 前記画像表示部に表示された画像上にあらわれた所望の対象物を指定する対象物指定手段と、前記対象物指定手段により指定された、前記三次元仮想空間内の対象物と、前記三次元仮想空間内に配置された人体モデルの視点との間の距離を算出する距離算出手段とを備えたことを特徴とする請求項 1 記載の機器操作性評価支援装置。

【請求項 1 0】 前記三次元仮想空間内に配置された機器モデルが、該三次元仮想空間内に配置された人体モデルの視野内に存在するか否かを判定する視野内外判定手段を備え、

前記画像表示部が、前記視野内外判定手段による判定結果を画像上に表示するものであることを特徴とする請求項 1 記載の機器操作性評価支援装置。

【請求項 1 1】 前記画像表示部に表示された画像上にあらわれた所望の対象物を指定する対象物指定手段と、前記対象物指定手段により指定された、前記三次元仮想空間内の対象物を、該三次元仮想空間内に配置された人体モデルが、該人体モデルの、該三次元仮想空間内での姿勢に応じた可動範囲内での動作により視認可能であるか否かを判定する視認可否判定手段とを備えたことを特徴とする請求項 2 記載の機器操作性評価支援装置。

【請求項 1 2】 前記視認可否判定手段により、前記対象物が視認可能であると判定された動作段階における人

体モデルの視点と該対象物との間の距離を算出する距離算出手段を備えたことを特徴とする請求項 1 1 記載の機器操作性評価支援装置。

【請求項 1 3】 三次元仮想空間内に、評価対象機器の形状を模した機器モデルを配置するとともに人体の形状を模擬した人体モデルを配置し、該人体モデルを該三次元仮想空間内で動作させることにより、該評価対象機器の操作性の評価を支援する機器操作性評価支援装置において、

10 前記三次元仮想空間内での人体モデルの作業可能領域をあらわす領域指標図形を、人体モデルおよび姿勢に対応して格納してなる領域指標図形格納部と、

前記機器モデルおよび前記人体モデルが配置された三次元仮想空間を該人体モデルの視点とは異なる視点から見た画像を表示するとともに、該画像上に、人体モデルの作業可能領域をあらわす領域指標図形を表示する画像表示部とを備えたことを特徴とする機器操作性評価支援装置。

20 【請求項 1 4】 前記領域指標図形格納部が、作業性の異なる複数段階の作業可能領域をあらわす複数の領域指標図形を、人体モデルおよび姿勢に対応して格納してなるものであって、

前記複数段階の作業可能領域の中から、表示用の作業可能領域を、複数段階の作業可能領域の同時選択を許容して選択する作業可能領域選択手段を備え、

前記画像表示部が、画像上にあらわれた人体モデルの、前記作業可能領域選択手段で選択された 1 もしくは複数段階の領域指標図形を表示するものであることを特徴とする請求項 1 3 記載の機器操作性評価支援装置。

30 【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】本発明は、三次元仮想空間内に、設計対象機器あるいはレイアウト対象機器の形状を模擬した機器モデルを配置するとともに、機器の操作を行なう人間を想定した人体モデルを配置し、その人体モデルをその三次元仮想空間内で動作させることによりレイアウト対象機器の操作性の評価を支援する機器操作性評価支援装置に関する。

【 0 0 0 2 】

40 【従来の技術】従来より、機器単体の操作性やレイアウトされた機器全体としての操作性を評価するには、いわゆるモックアップ（はりぼて）を作製し、レイアウトされた機器の操作性の評価のときは作製したモックアップを実際にレイアウトし、それを実際に操作するような動作を行って評価している。このため、必要に応じてモックアップを何度も作り直す必要があり、操作性の評価に長時間を要し、また、コストアップの要因となっていた。

【 0 0 0 3 】このため、モックアップを実際に作製することなく、コンピュータシミュレーションにより、機器

の操作性評価を行うツールの出現が期待されている。一方、従来より、三次元仮想空間内に、設計対象機器モデルあるいはレイアウト対象機器モデルを配置するとともに人体モデルを配置する手段を持つCAD装置やデザインツール等が存在する。例えば、日本テクノマティックス株式会社の商標ROBCAD/MANと呼ばれるソフトウェアシミュレーションツールでは、機器モデルと人体モデルを三次元仮想空間内に配置し、その人体モデルの視点から見た画像やその人体モデルの視点とは異なる視点から見た画像を表示し、人体モデルを歩かせたり姿勢を変更させたりしながらシミュレーションを行なうことができる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来のシミュレーションツールは、アニメーション作成、製品イメージ図作成、人間が手作業装置を組み立てる際の組立性の検討、装置と人間の大きさとの比較等を目的として作られたものであるため、人間が操作することを前提とした操作性を考慮した機器設計や、複数の機器により構成される装置のレイアウト設計に向けたものではない。

【0005】具体的には、従来のシミュレーションツールを、レイアウトされた機器あるいは単独の機器の操作性評価に用いることを考えた場合、従来のシミュレーションツールには以下のような問題点が存在する。人間が操作する機器は、さまざまな体型や姿勢に適合することが必要である。そのために、さまざまな体型モデルを用いて容易に検証できること、複数の姿勢を用いて容易に検証できることが求められているが、既存のシミュレーションツールではそれらの検証に多くの工数を必要とし、現実的ではない。

【0006】また、人間が操作する機器の中には、車椅子などの補助機具利用者にも利用可能とする必要があるものも存在するが、従来のシミュレーションツールでは、例えば車椅子の形状モデルを配置することはできても、車椅子形状の変更や人間の体型・姿勢による違いを容易に検証する手段がなく、やはりモックアップに頼る必要がある。

【0007】また、計算機上でシミュレーションを行う場合には、人体モデルの視点から見た画像や別の視点から見た画像を表示し、その表示された画像を見て評価することになるが、その場合、一般的には人間の視野と他の物体との位置関係を把握することは容易ではなく、シミュレーション結果の評価が困難である。さらに、従来のシミュレーションツールにおいても人体モデルの視点から見た画像を表示する機能は存在するものの、その画像のどの部分が、よく見える範囲なのか、あるいは視野に入っているのか不明であり、やはり操作性、視認性の評価に支障がある。さらには、人間が特定対象物を注視する場合には、頭部の動きや眼球の動きも視認性、操作

性評価の重要な要素となるが、従来はそれらの動きをシミュレーションする手段がないため、シミュレーションによる検証に限界がある。さらに、機器配置や、ディスプレイ、ランプ、スイッチの配置等においては、それらの対象物と人間の視点との間の距離（視距離）が重要な要素となるが、従来、視距離を容易に得る手段はない。

【0008】さらに、従来のシミュレーションツールでは人体モデルを実際に動かしてみないとある操作が可能であるか操作しにくい判断が困難な操作対象の機器やスイッチ等が多数存在する場合、動作の組み合わせが極めて多く、人体モデルをいちいち動作させて検証するのに多大の時間を要する結果となる。本発明は、上記事情に鑑み、レイアウトされた機器の操作性や機器単体の操作性をシミュレーションで容易に検証することのできる機器操作性評価支援装置を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するための本発明の機器操作性評価支援装置のうちの第1の機器操作性評価支援装置は、三次元仮想空間内に、評価対象機器の形状を模擬した機器モデルを配置するとともに人体の形状を模擬した人体モデルを配置し、人体モデルを三次元仮想空間内で動作させることにより、評価対象機器の操作性の評価を支援する機器操作性評価支援装置において、人体の形状を模擬した複数の人体モデルであって、これら複数の人体モデルが1つ以上にグループ分けされてなる各グループ別に人体上の異なる位置に相当し、かつ、各グループ内では人体上の共通の位置に相当する、各人体モデル上の基準位置が定義されてなる複数の人体モデルを格納する人体モデル格納部と、人体モデル格納部に格納された人体モデルの中から三次元仮想空間内に配置される人体モデルを変更自在に選択する人体モデル選択手段と、三次元仮想空間内に機器モデルを配置するとともに、その三次元仮想空間内に、人体モデル選択手段により選択された人体モデルを配置し、前記人体モデル選択手段により、三次元空間内に配置される人体モデルとして、その三次元仮想空間内に現在配置されている人体モデルが属するグループと同一のグループに属する人体モデルが選択された場合に、三次元仮想空間内における、変更前の人体モデルの基準位置と変更後の人体モデルの基準位置とが一致するように、変更後の人体モデルを、変更前の人体モデルに代えて、三次元仮想空間内に配置するモデル配置手段と、モデル配置手段により機器モデルおよび人体モデルが配置された三次元仮想空間を人体モデルの視点とは異なる視点からみた画像を表示する画像表示部を備えたことを特徴とする。

【0010】ここで、上記本発明の第1の機器操作性評価支援装置において、人体モデル格納部が、体型の異なる複数の人体それぞれの形状を模擬した複数の人体モデルを構築するための、人体各部の形状を模擬した人体モデル部品が格納されてなる人体モデル部品格納部と、人

体モデル部品格納部に格納された人体モデル部品を配置して人体モデルを構築する部品配置データを、人体モデルの複数の姿勢それぞれに対応して格納してなる部品配置データ格納部と、人体モデルを三次元仮想空間内に配置したときにその三次元仮想空間内の位置が体型とは無関係に規定される人体モデル上の基準位置をあらわす基準位置データを、人体モデルの複数の姿勢それぞれについて格納してなる基準位置格納部とを備え、上記人体モデル選択手段が、複数の人体モデルの中から三次元仮想空間内に配置される人体モデルの体型を変更自在に選択する体型選択手段と、三次元仮想空間内に配置される人体モデルの姿勢を変更自在に指定する姿勢指定手段とを備え、上記モデル配置手段が、三次元仮想空間内に機器モデルを配置するとともに、その三次元仮想空間内に、体型選択手段により選択された体型の人体モデルを、姿勢指定手段により指定された姿勢で配置し、体型選択手段により三次元仮想空間内に配置される人体モデルの体型が変更された場合に、変更後の人体モデルの姿勢が変更前の人体モデルの姿勢と同一の姿勢であって、かつ、三次元仮想空間内における、変更前の人体モデルの基準位置と、変更後の人体モデルの基準位置とが一致するように、変更前の人体モデルに代えて、三次元仮想空間内に配置するものであることが好ましい。

【 0 0 1 1 】ここで、人体モデル上の基準位置は、人体モデルの各グループ毎（典型的には同一の姿勢の人体モデルの集合毎）に定められた、三次元仮想空間内における人体モデルの「同一位置」を保証する位置、例えば、立姿勢における足裏、椅子に座った姿勢における尻の下等をいう。また、上記本発明の第 1 の機器操作性評価支援装置において、部品配置データ格納部が、人体モデルの複数の姿勢それぞれに対応して、人体モデル部品の可動範囲をあらわす可動範囲データを格納してなるものであって、三次元仮想空間内に配置された人体モデルの動作を指示する動作指示手段を備え、モデル配置手段が、動作指示手段による人体モデルの動作指示に応じて、三次元仮想空間内に配置された人体モデルを、その人体モデルの姿勢に応じた可動範囲内で動作させるものであることが好ましい。

【 0 0 1 2 】三次元仮想空間内で人体モデルを動作させることにより機器の操作性が評価されるが、例えば腕を動かして作業を行なう場合において、作業を有効に行なうことのできる腕の動作範囲は、姿勢により異なる。そこで、人体モデル部品の可動範囲をあらわす可動範囲データを姿勢に対応して格納しておき、動作指示に応じて、三次元仮想空間内に配置された人体モデルを、その人体モデルの姿勢に応じた適切な動作シミュレーションを行なうことができ、機器の操作性を一層正しく評価することができる。

【 0 0 1 3 】また、上記のようにして姿勢に応じた可動

範囲内で動作させたときに、その三次元仮想空間内に配置された人体モデルの動作を評価する動作評価手段を備えることが好ましい。機器の操作性の評価は最終的にはこの機器操作性評価支援装置の使用者（オペレータ）が行なうものの、人体モデルを動作させた場合に、人体部品の動き、例えば移動量、移動速度、移動加速度等を勘案して評価基準を定めておき、人体モデルの動作が指定されたときにその動作についてその評価基準に基づいて自動的に評価することにより、オペレータによる最終的な操作性評価の誤りが防止され、一層適切な最終評価が可能となる。

【 0 0 1 4 】また、上記本発明の機器操作性評価支援装置のうちの第 2 の機器操作性評価支援装置は、三次元仮想空間内に、評価対象機器の形状を模した機器モデルを配置するとともに人体の形状を模擬した人体モデルを配置し、人体モデルを三次元仮想空間内で動作させることにより、評価対象機器の操作性の評価を支援する機器操作性評価支援装置において、人体モデルの視野をあらわす視野図形が格納された視野図形格納部と、機器モデルおよび人体モデルが配置された三次元仮想空間を人体モデルの視点とは異なる視点からみた画像を表示するとともに、その画像上に、人体モデルの視野をあらわす視野図形を表示する画像表示部とを備えたことを特徴とする。

【 0 0 1 5 】画像上に視野図形を表示すると人体モデルから見えている範囲が直感的に把握でき、機器操作性の正確な評価に役立たせることができる。上記の視野図形を表示する場合に、視野図形格納部が、視認性の程度が異なる複数段階の視野をあらわす複数の視野図形を格納してなるものであり、上記複数段階の視野の中から、表示用の視野を、複数段階の視野の同時選択を許容して選択する視野選択手段を備え、画像表示部が、画像上にあらわれた人体モデルの、視野選択手段で選択された 1 もしくは複数段階の視野をあらわす視野図形を表示するものであることが好ましい。

【 0 0 1 6 】視認性の程度が異なる複数段階の視野をあらわす複数の視野図形、例えば良好な視認性が確保される視野をあらわす視野図形や、何んともく見える範囲をあらわす視野図形を、同時にもしくは切替え自在に表示すると、人体モデルの視認範囲とともに視認の程度が正確に把握でき、機器操作性の正確な評価に役立つことになる。

【 0 0 1 7 】また、本発明の機器操作性評価支援装置のうちの第 3 の機器操作性評価支援装置は、三次元仮想空間内に、評価対象機器の形状を模した機器モデルを配置するとともに人体の形状を模擬した人体モデルを配置し、人体モデルを三次元仮想空間内で動作させることにより、評価対象機器の操作性の評価を支援する機器操作性評価支援装置において、三次元仮想空間内に配置された人体モデルの視点から見た画像上の、視認性の程度が

10

20

30

40

50

異なる複数段階の視野範囲を指標する複数の視野図形を格納してなる視野図形格納部と、上記複数段階の視野範囲の中から、表示用の視野範囲を、複数段階の視野範囲の同時選択を許容して選択する視野選択手段と、三次元仮想空間内に配置された人体モデルの視点から見た画像を表示するとともに、その画像上に、視野選択手段で選択された 1 もしくは複数段階の視野範囲をあらわす視野図形を表示する画像表示部とを備えたことを特徴とする。

【0018】人体モデルの視点から見た画像を表示しその画像上に視認性の異なる複数の視野図形を、同時にもしくは切替自在に表示すると、人体モデルの、ある視認性を持った視野範囲を一層容易に把握することができる。ここで、上記本発明の第 3 の機器操作性評価支援装置において、三次元仮想空間内に配置された人体モデルの眼球の動きを指示する眼球動作指示手段を備え、画像表示部が、眼球動作指示手段による人体モデルの眼球の動きに、その人体モデルの視点から見た画像上に表示された視野図形の 1 つを連動させるものであることが好ましい。

【0019】視野図形の 1 つ、具体的には例えば人体モデルが注視している視野範囲をあらわす視野図形を、眼球動作指示に連動して動かすことにより、機器の所望のポイントを眼球運動のみで注視可能なのか、あるいは例えば頭部を動かす必要があるのか等を判定することができ、操作性の正しい評価に大きく貢献する。また、本発明の機器操作性評価支援装置において、画像表示部に表示された画像上にあらわれた所望の対象物を指定する対象物指定手段と、対象物指定手段により指定された、三次元仮想空間内の対象物と、その三次元仮想空間内に配置された人体モデルの視点との間の距離を算出する距離算出手段とを備えることが好ましい。

【0020】三次元仮想空間に配置された対象物と視点との間の距離も、操作性に大きく影響を与える要因の 1 つである。さらに、本発明の機器操作性評価支援装置において、三次元仮想空間内に配置された機器モデルが、三次元仮想空間内に配置された人体モデルの視野内に存在するか否かを判定する視野内外判定手段を備え、画像表示部が、視野内外判定手段による判定結果を画像上に表示するものであることも好ましい形態である。

【0021】画像上に視野図形を表示するという本発明の形態について前述したが、視野図形のみでは、実際に視野内に入っているのか否か、あるいは、適切な距離範囲内にあるかどうか判定しにくい場合もある。そこで、上記のように、実際に視野内に入っているのか否か判定してその判定結果を画像上に表示すると、一層正確な判断が可能となる。

【0022】また、本発明の機器操作性評価支援装置において、部品配置データ格納部が、人体モデルの複数の姿勢それぞれに対応して、人体モデル部品の可動範囲を

あらわす可動範囲データを格納してなるものであって、画像表示部に表示された画像上にあらわれた所望の対象物を指定する対象物指定手段と、対象物指定手段により指定された、三次元仮想空間内の対象物を、その三次元仮想空間内に配置された人体モデルが、その人体モデルの、三次元仮想空間内での姿勢に応じた可動範囲内での動作により視認可能であるか否かを判定する視認可否判定手段とを備えることも好ましい形態である。

【0023】人体モデルの現在の姿勢に応じた可動範囲内での動作により視認可能であるか否かを判定する機能を備えることにより、その姿勢における操作性について一層正確な評価を行なうことができる。その場合に、視認可否判定手段により、上記対象物が視認可能であると判定された動作段階における人体モデルの視点とその対象物との間の距離を算出する距離算出手段を備えることが好ましい。

【0024】視認できる範囲内であっても、そのときの距離を知ることによりその姿勢における操作性についてさらに正確な評価を行なうことができる。さらに、本発明の機器操作性評価支援装置のうちの第 4 の機器操作性評価支援装置は、三次元仮想空間内に、評価対象機器の形状を模した機器モデルを配置するとともに人体の形状を模擬した人体モデルを配置し、人体モデルを三次元仮想空間内で動作させることにより、評価対象機器の操作性の評価を支援する機器操作性評価支援装置において、三次元仮想空間内での人体モデルの作業可能領域をあらわす領域指標図形を、人体モデルおよび姿勢に対応して格納してなる領域指標図形格納部と、機器モデルおよび人体モデルが配置された三次元仮想空間を人体モデルの視点とは異なる視点からみた画像を表示するとともに、その画像上に、人体モデルの作業可能領域をあらわす領域指標図形を表示する画像表示部とを備えたことを特徴とする。

【0025】人体モデルを動作させれば、ある作業が可能であるか否か知ることができるが、作業可能であるか否かを知るために人体モデルをいちいち動作させるのが大変な場合もある。そこで、上記のように、人体モデルの姿勢に応じた作業可能領域を画像上に表示すると作業可能範囲が一見して把握でき、操作性評価の効率化が図られる。

【0026】上記本発明の第 4 の機器操作性評価支援装置において、領域指標格納部が、作業性の異なる複数段階の作業可能領域をあらわす複数の領域指標図形を、人体モデルおよび姿勢に対応して格納してなるものであって、上記複数段階の作業可能領域の中から、表示用の作業可能領域を、複数段階の作業可能領域の同時選択を許容して選択する作業可能領域選択手段を備え、画像表示部が、画像上にあらわれた人体モデルの、作業可能領域選択手段で選択された 1 もしくは複数段階の領域指標図形を表示するものであることが好ましい。

【 0 0 2 7 】 視野の場合と同様、作業が可能な領域についても、作業を楽に行なうことができる領域や、作業を何んとか行なうことのできる領域等が存在する。そこで、上記のように、作業性の異なる複数段階の作業可能領域をあらわす複数の領域指標図形を用意しておいて、それらを同時にあるいは切替自在に表示することにより、作業可能領域とともに作業性の程度を容易に把握することができ、機器操作性の一層正確な評価に役立てることができる。

【 0 0 2 8 】

【 発明の実施の形態 】 以下、本発明の実施形態について説明する。図 1 は、本発明の機器操作性評価支援装置の一実施形態のブロック図である。この図 1 に示す機器操作性評価支援装置 1 0 0 は、三次元仮想空間（シミュレーション空間）内に、評価対象機器の形状を模擬した機能モデルを配置するとともに人体の形状を模擬した人体モデルを配置し、人体モデルをシミュレーション空間内で動作させることにより、評価対象機器の操作性の評価を支援する装置である。以下各ブロックについて説明する。

【 0 0 2 9 】 人体モデル部品格納部 1 0 1 には、体型の異なる複数の人体それぞれの形状を模擬した複数の人体モデルを構築するための、人体各部の形状を模擬した人体モデル部品が格納されている。尚、ここではシミュレーションを取り扱っているため、人体モデル部品は、人体の各部の形状をあらわす三次元的に設計された設計データをいう。

【 0 0 3 0 】 また、部品配置データ格納部 1 0 2 には、人体モデル部品格納部 1 0 1 に格納された人体モデル部品を配置してシミュレーション空間内に人体モデルを構築する部品配置データが、人体モデルの複数の姿勢、例えば立姿勢、椅子に座った姿勢等のそれぞれに対応して格納されている。この部品配置データは、例えば椅子に座った姿勢であれば膝をあらわす部品と、上腿をあらわす部品が直角に組み合わせられ、さらに上腿をあらわす部品と胴体をあらわす部品が直角に組み合わせられるなど、部品どうしの組み合わせ方が規定されている。この部品配置データは、人体モデルの姿勢によって異なるが、姿勢が同一であれば人体モデルの体型によっては変化しない。この部品配置データ格納部 1 0 2 には、人間の移動を補助する車椅子や松葉杖などの補助機具を使用したときの姿勢の人体モデルを構築する部品配置データも格納されている。さらに、この部品配置データ格納部 1 0 2 には、人体モデルの各姿勢に対応して、人体モデル部品の可動範囲をあらわす可動範囲データも格納されている。

【 0 0 3 1 】 補助機具モデル格納部 1 0 3 には、上記の補助機具の形状をあらわす補助機具モデルが格納されている。この補助機具モデル格納部 1 0 3 には、車椅子、松葉杖といった補助機具の種類別だけでなく、同一種類

の補助機具であっても、例えば大型の車椅子、中型の車椅子、小型の車椅子といった、人体モデルの体型に応じた複数の補助機具モデルが格納されている。

【 0 0 3 2 】 基準位置格納部 1 0 4 には、人体モデルをシミュレーション空間内に配置したときにそのシミュレーション空間内の位置が体型とは無関係に規定される人体モデル上の基準位置をあらわす基準位置データが、人体モデルの複数の姿勢それぞれに対応して格納されている。この基準位置については後で例示しながら説明する。

10 この基準位置格納部 1 0 4 には、補助機具を使用したときの姿勢に関しては、補助器具を使用した姿勢の人体モデル上の基準位置をあらわす基準位置データとともに、その姿勢の人体モデル上の基準位置に対応する、補助機具モデル上の基準位置をあらわす基準位置データも格納されている。

【 0 0 3 3 】 体型選択手段 1 0 5 は、複数の人体モデルの体型の中からシミュレーション空間内に配置される人体モデルの体型を変更自在に選択するものである。例えば、キーボード、マウス等を用いてオペレータにより人体モデルが選択される。体型選択手段 1 0 5 により、ある体型が指定されると、人体モデル部品格納部 1 0 1 に格納された人体モデル部品の中から、その指定された体型の人体モデルを構築するのに必要な人体モデル部品が読み出され、後述するモデル配置手段 1 0 7 に入力される。また、以下に説明する姿勢選択手段 1 0 6 で補助機具を使用した姿勢が選択されていたときは、補助機具モデル格納部 1 0 3 に格納された補助機具モデルから、その選択されていた姿勢に適合し、さらに選択された人体モデルの体型に適合した補助機具モデルが読み出され、
20 モデル配置手段 1 0 7 に入力される。

【 0 0 3 4 】 姿勢選択手段 1 0 6 は、シミュレーション空間内に配置される人体モデルの姿勢を変更自在に選択するものである。人体モデルの姿勢を選択するにあたっては、具体的にはオペレータにより例えばキーボード、マウス等が操作される。姿勢選択手段 1 0 6 により姿勢が選択されると、部品配置データ格納部 1 0 2 に配置された部品配置データのうち、選択された姿勢に対応する部品配置データが読み出されてモデル配置手段 1 0 7 に伝達され、その選択された姿勢が補助機具を使用した姿勢のときは、補助機具モデル格納部 1 0 3 に格納された補助機具データのうち、その選択された姿勢、かつ、既に選択されている人体モデルの体型に対応する補助機具モデルが読み出されてモデル配置手段 1 0 7 に入力され、さらに基準位置格納部 1 0 4 から、選択された姿勢に応じた人体モデル上の基準位置をあらわす基準位置データや、その選択された姿勢が補助機具を使用した姿勢の場合は、その補助機具モデル上の基準位置データが読み出されてモデル配置手段 1 0 7 に入力される。

【 0 0 3 5 】 モデル配置手段 1 0 7 には、さらに、外部から入力された操作性評価の対象となる機器の形状を模

擬した機器モデルが入力される。この機器モデルは、1つの機器単体を操作性評価の対象とするときは、その1つの機器単体をあらかず機器モデルであってもよく、複数の機器のレイアウトによる操作性を評価の対象とするときは、所定の配列にレイアウトされた複数の機器の集合体をあらかず機器モデルであってもよい。

【0036】モデル配置手段107には、上述した各種のデータが入力され、モデル配置手段107は、シミュレーション空間内に機器モデルを配置するとともに、シミュレーション空間内に、体型選択手段105により選択された人体モデルを、姿勢選択手段106により指定された姿勢で配置する。このモデル配置手段107は、体型選択手段105によりシミュレーション空間内に配置される人体モデルが変更された場合には、変更後の人体モデルの姿勢が変更前の人体モデルの姿勢と同一の姿勢であって、かつ変更後の人体モデルの、その同一の姿勢における基準位置が、基本的には、その同一の姿勢における変更前の人体モデルの基準位置と一致するように、変更後の人体モデルを、変更前の人体モデルに代えて、シミュレーション空間内に配置する。ただし、姿勢選択手段106により補助機具を使用した姿勢が選択されており、体型選択手段105により体型の異なる人体モデルが選択されたときは、前述したようにその人体モデルの体型に適合した寸法の補助機具モデルに変更され、変更前の人体モデルの基準位置と変更後の人体モデルの基準位置が一致しないこともある。

【0037】また、このモデル配置手段107は、姿勢選択手段106により人体モデルの姿勢が変更されると、シミュレーション空間内に配置してある人体モデルの姿勢を変更する。このとき、変更後の姿勢が補助機具を使用した姿勢のときは、補助機具モデル格納部103からそれに適合した補助機具モデルが読み出されてモデル配置手段107に入力され、また、変更後の姿勢が補助機具を使用した姿勢であるか否かにかかわらず、部品配置データ格納部102からは、その変更後の姿勢に対応する部品配置データが読み出されてモデル配置手段107に入力され、さらに基準位置格納部104からは、変更後の姿勢に対応する基準位置データが読み出されてモデル配置手段107に入力される。モデル配置手段107では、変更後の姿勢の基準位置がシミュレーション空間内の所定配置に合致するように、シミュレーション空間内に配置されている人体モデルを、姿勢選択手段106で選択された姿勢に変更する。

【0038】モデル配置手段107により機器モデルおよび人体モデル（補助機具モデルを含む）が配置された状態のシミュレーション空間をあらわすデータは、画像表示部108に入力される。画像表示部108は、基本的には、そのモデル配置手段107により機器モデルおよび人体モデルが配置されたシミュレーション空間を、人体モデルの視点とは異なる視点からみた画像を表示す

る。ただし、この画像表示部108は、そのシミュレーション空間を人体モデルの視点からみたときの画像を表示することもできる。

【0039】図2は、画像表示部に表示される、人体モデル変更前後の画像の第1例を示す図である。ここには、体型の異なる人体モデルへの変更前後の画像が示されている。図2(A)は人体モデル変更前の画像例であり、機器モデル10と立姿勢の人体モデル20と、人体モデル20からみて良く見える視野領域をあらわす視野図形31と、人体モデル20からみてぼんやりと視界に入っている視野領域をあらわす視野図形32が示されている。これらの視野図形31、32については後述する。

【0040】この人体モデル20は立姿勢であり、立姿勢のときは人体モデル20の足裏に基準位置が存在し、その人体モデル20は、シミュレーション空間内で、その基準位置（足裏）が床に着いた状態の位置に立姿勢で配置される。尚、図2(A)には「基準位置」の文字や基準位置を原点とした座標をあらわす矢印も示されているが、これらは説明の都合上図2(A)内に示したものであり、画面上にはあらわれない。図2(A)と図2(B)とを結ぶ点線も同様である。以後に説明する各図においても画像上には実際にはあらわれない、説明のための文字や線図が含まれている場合があるが、個々の説明は省略する。

【0041】図2(B)は人体モデル変更後の画像例であり、図2(A)と比べ身長の高い人体モデルが配置されている。立姿勢のときは足裏に基準位置が存在し、変更前後でそれらの基準位置が一致するように、変更後の身長の高い人体モデルが配置される。図3は、画像表示部に表示される、人体モデル変更前後の画像の第2例を示す図である。ここには、椅子に座った姿勢における、体型の異なる人体モデルへの変更前後の画像が示されている。

【0042】椅子に座った姿勢の場合、尻の下が基準位置であり、体型によらず基準位置どうしが一致するように人体モデルが変更される。図4は、画像表示部に表示される、姿勢変更前後の画像の第1例を示す図である。ここには、立姿勢(A)としゃがんだ姿勢(B)が示されており、変更前後で基準位置は一致し、視野図形31、32の位置が変更されている。

【0043】図5は、画像表示部に表示される、姿勢変更前後の画像の第2例を示す図である。ここには、立姿勢(A)と椅子に座った姿勢(B)が示されている。変更前後で基準位置も変更されている。図6は、画像表示部に表示される、姿勢変更前後の画像の第3例を示す図である。

【0044】ここには、椅子に座った姿勢(A)と車椅子に座った姿勢(B)が示されており、変更前後で基準位置も変更されている。図1に戻って説明を続行する。

動作指示手段 1 0 9 では、モデル配置手段 1 0 7 によってシミュレーション空間内に配置された人体モデルの動作が指示される。この動作指示手段 1 0 9 は、例えばマウスであり、画像表示部 1 0 8 に表示された人体モデルの、動かそうとする部品（例えば腕）をピックアップして画像上で動かすことにより、その部品の動作指示が行なわれる。

【 0 0 4 5 】動作指示手段 1 0 9 により、シミュレーション空間内に配置された人体モデルの動作が指示されると、モデル配置手段 1 0 7 は、その動作指示に応じてシミュレーション空間内に配置された人体モデルを動作させる。この動作の際は、部品配置データ格納部 1 0 2 に格納されている人体モデルの姿勢に応じた各人体モデル部品の可動範囲をあらわす可動範囲データのうち、シミュレーション空間内に現在配置されている、人体モデルの姿勢に対応する可動範囲データが、その部品配置データ格納部 1 0 2 から読み出されてモデル配置手段 1 0 7 に入力され、モデル配置手段 1 0 7 では、動作指示手段 1 0 9 による人体モデルの動作指示に応じて、シミュレーション空間内に配置された人体モデルを、その人体モデルの姿勢に応じた可動範囲内で動作させる。

【 0 0 4 6 】図 7 は、人体モデルの画像に、その人体モデルの姿勢に応じた可動範囲を示した図である。図 7

(A) には、立姿勢のときの上腕の可動範囲 4 1 が示されており、図 7 (B) には、しゃがんだ姿勢の上腕の可動範囲が示されている。この例に示すように、人体モデルの姿勢によって、その人体モデルを構成する部品の可動範囲は異なっている。

【 0 0 4 7 】また、図 1 に示す機器操作性評価支援装置 1 0 0 には、動作評価手段 1 1 0 が備えられており、この動作評価手段 1 1 0 では、動作指示手段 1 0 9 で指示されモデル配置手段 1 0 7 で実行された動作が、その動作による移動量、移動速度、移動加速度等を考慮し、実際の人間にとって楽な動作かどうか評価される。この評価は、オペレータによる最終的な操作性評価の参考に供される。

【 0 0 4 8 】また視野図形格納部 1 1 1 には、人体モデルの視野をあらわす視野図形が格納されており、画像表示部 1 0 8 では、画像上にあらわれた人体モデルの目の位置に合わせて、その人体モデルの視野をあらわすように視野図形が表示される。画像上に表示された視野図形は、人体モデルの頭部が動いたときはその頭部の動きに連動してその頭部の位置における視野をあらわすように移動される。本実施形態では、視野図形格納部 1 1 1 には、視認性の程度が異なる複数段階の視野、すなわち図 2 ～図 6 に示すような、人体モデルから見て良く見える視野領域をあらわす視野図形 3 1 と、人体モデルから見てぼんやりと視界に入っている視野領域をあらわす視野図形 3 2 と、さらに、図 2 ～図 6 には図示されていないが、人体モデルが注視している視野をあらわす視野図形

(図 8、図 9 の視野図形 3 3 参照) が格納されている。

【 0 0 4 9 】視野選択手段 1 1 2 では、視野図形格納部 1 1 1 に格納された、視認性の異なる複数段階の視野の中から、表示用の視野を、複数段階の視野の同時選択を許容して選択される。この視野選択手段 1 1 2 としては、具体的には、例えばキーボードやマウスが用いられる。視野選択手段 1 1 2 により表示用の視野が選択されると、画像表示部 1 0 8 では、画像上に表示されている人体モデルの目の位置に対応させて、視野選択手段 1 1 2 で選択された視野をあらわす視野図形を表示する。表示した視野図形は、人体モデルの頭部の動きに連動してその表示位置が移動される。

【 0 0 5 0 】図 8、図 9 は、人体モデルに視野図形を付加した画像の各例を示す図である。図 8、図 9 のそれぞれには、正面から見た人体モデル 2 0 a と側面から見た人体モデル 2 0 b が示されている。図 8 に示す正面から見た人体モデル 2 0 a には、人体モデル 2 0 a から見て良く見える視野領域 3 1 と、人体モデル 2 0 a が注視している視野領域 3 3 が示されており、側面から見た人体モデル 2 0 b には、良く見える視野領域 3 1 が示されている。また、図 9 に示す正面から見た人体モデル 2 0 a には、人体モデル 2 0 a からぼんやりと見える視野領域 3 2 と人体モデル 2 0 a が注視している視野領域 3 3 が示されており、図 9 に示す、側面から見た人体モデル 2 0 b には、ぼんやりと見える視野領域 3 2 が示されている。尚、図 2 ～図 6 には、人体モデル 2 0 から見て良く見える視野領域 3 1 とぼんやり見える視野領域 3 2 が示されている。

【 0 0 5 1 】さらに、視野選択手段 1 1 2 では、シミュレーション空間内に配置された人体モデルの視点から見た画像に関し、人体モデルの視点から見た複数段階の視野範囲の中から、表示用の視野範囲が、複数段階の視野範囲の同時選択を許容して選択される。尚、本実施形態では、視野図形格納部 1 1 1 には、後述する干渉チェックにも用いる立体的な視野形状を表わすデータが格納されており、人体モデルの視点から見た画像上に表示される視野図形や、人体モデルの視点以外の視点から見た画像上に表示される視野図形は、その立体的な視野形状を表わすデータに基づいて描画される。

【 0 0 5 2 】画像表示部 1 0 8 は、前述したように、シミュレーション空間内に配置された人体モデルの視点から見た画像を表示することが可能なものであって、その人体モデルの視点から見た画像上に、視野選択手段 1 1 2 で選択された 1 段階もしくは複数段階の視野範囲をあらわす視野図形を表示する。表示された視野図形は、シミュレーション空間内に配置された人体モデルの頭部の動きに連動する。

【 0 0 5 3 】図 1 0 は、視野図形の表示例を示す図である。図 1 0 (A) は、これまでも説明してきた、人体モデル 2 0 の視点とは異なる視点からシミュレーション

空間内を見たときの画像上に視野図形 31, 32 を表示した例であり、図 10 (B) は、ここで説明している、人体モデルの視点からシミュレーション空間内を見たときの画像上に、人体モデルからみて良く見える視野範囲をあらわす視野図形 31 と、人体モデルからみてぼんやりと見える視野範囲をあらわす視野図形 32 を表示した例である。

【0054】このように、人体モデルの視点から見た画像上に、視野範囲をあらわす視野図形を表示することにより、人体モデルから見える視野範囲をその視認性に対応づけて理解でき、一層適切な操作性評価が行なわれる。再度図 1 に戻って説明を続行する。図 1 に示す機器操作性評価支援装置 100 には、さらに、眼球動作指示手段 113 が備えられている。この眼球動作指示手段 113 は、これまでに説明した、体型選択手段 105、姿勢選択手段 106、視野選択手段 112 などと同様に、キーボードあるいはマウスなどにより構成される。

【0055】この眼球動作指示手段 113 は、シミュレーション空間内に配置された人体モデルの眼球の動きを指示するものであり、この眼球動作指示手段 113 により眼球の動きが指示されると、画像表示部 108 では、人体モデルの視点から見た画像上に表示された視野図形のうちの人体モデルの眼球が向いている注視点を示す視野図形を、その眼球の動きの指示に応じて移動させる。

【0056】図 11 は、視野図形の表示例を示す図である。図 11 (A) には、人体モデルの視点から見た画像上に、良好に見える視野範囲をあらわす視野図形 31 と、眼球移動前の、人体モデルが注視している視野範囲をあらわす視野図形 33 が示されており、図 11 (B) には、やはり人体モデルの視点から見た画像上に、良好に見える視野範囲をあらわす視野図形 31 と、眼球移動後の、人体モデルが注視している視野範囲をあらわす視野図形 33 が示されている。

【0057】これら図 11 (A)、(B) に示すように、本実施形態では、人体モデルが注視している視野範囲をあらわす視野図形 33 は眼球の動作指示に応じて移動し、したがって、眼球の移動のみで所望の点を注視することができるか、あるいは例えば頭部を動かして始めて注視することができるかを知ることができ、操作性の評価に役立てることができる。

【0058】さらに、図 1 に示す機器操作性評価支援装置には、視野内外判定手段 114 が備えられている。この視野内外判定手段 114 は、シミュレーション空間内に配置された機器モデルが、やはりそのシミュレーション空間内に配置された人体モデルの視野内に存在するか否かを判定するものである。この判定を行なうにあたり、本実施形態では、人体モデルの視野をあらわす立体的な視野形状が想定され、その立体視野形状と機器モデルが干渉している（距離が 0、あるいは互いに入り込んでいる）か否かが判定される。干渉判定には様々な手法

が知られているが、例えば、「第 13 回日本ロボット学会学術講演会 講演論文集 pp 373-374」、「情報処理学会第 51 回全国大会講演論文集 (1) pp 53-54」において提案された手法を用いることができる。ここでは、干渉判定の手法そのものは問題ではなく、したがって干渉判定の手法についての説明は省略する。

【0059】本実施形態では、人体モデルの視野をあらわす立体視野形状として、人体モデルの視点から有限距離（例えば 1.0m 以内）の立体形状を用いており、したがって人体モデルの視点からそれ以上離れている場合にも、視野外であると判定される。尚、ここで用いる立体視野形状としては、目的に応じ、人体モデルから見て、良好に見える視野範囲をあらわす立体形状を採用してもよく、ぼんやりと見える視野範囲をあらわす立体形状を採用してもよいが、視認性の程度が異なる複数の視野をあらわす複数の立体形状を用意しておいて、例えば視野選択手段 112 により選択可能に構成することが好ましい。

【0060】視野内外判定手段 114 による判定結果は画像表示部 108 に伝えられ、画像表示部 108 では、その判定結果が画像上に表示される。その判定結果を画像上に表示するにあたっては、全体が視野外にある物体、一部が視野内、一部が視野外にある物体、全体が視野内にある物体を、例えば色分けや輝度、あるいは線の種類等により識別してもよく、あるいは、立体図形どうしの和集合や積集合を求めるブーリアン演算等を実行して、視野範囲をあらわす立体図形の内外を二値的に区別してもよい。

【0061】さらに、図 1 に示す機器操作性評価支援装置 100 には、対象物指定手段 115 が示されている。この対象物指定手段 115 は画像表示部 108 に表示された画像上にあらわれた対象物、例えば表示器、スイッチ、ランプ、あるいはある機器そのものを任意に指定するものである。距離算出手段 116 では、対象物指定手段 115 により指定された対象物があらわす、シミュレーション空間内の、例えば表示器、スイッチ等の対象物と、同じくそのシミュレーション空間内に配置された人体モデルの視点との間の距離（視距離）が算出される。視距離も、操作性に大きく寄与する要因の 1 つである。

【0062】また、視認可否判定手段 117 では、対象物指定手段 115 により指定された、シミュレーション空間内の対象物を、そのシミュレーション空間内に配置された人体モデルが、その人体モデルの、シミュレーション空間内での姿勢（例えば椅子に座った姿勢等）に応じた可動範囲内での動作により、視認可能であるか否かが判定される。姿勢に応じた人体モデル部品の可動範囲は、前述したように、部品配置データ格納部 102 に、人体モデル部品の、姿勢に応じた部品配置データとともに格納されている。

【0063】指定された対象物を注視しようとして人体モデルを動かすにあたっては、オペレータからの特別の要求がない場合、眼球、頭部、上体の運動によって注視可能かどうかが判定される。注視可能な状態の算出は、本実施形態ではロボットの分野で多用される、逆運動学等と呼ばれる手法が採用されている。ここでは、ある部品を動かすことにより注視が試みられ、その部品を可動範囲内で動かしても注視できない場合に、次の部品を動かして再度注視が試みられる。

【0064】例えば、人体モデルの眼球位置と同じ高さであって右斜め後ろにある対象物が指定されたとき、最初に頭部を垂直軸のまわりに回転することにより注視を試み、注視が不可能な場合に上体を垂直軸のまわりに回転し、再度注視が試みられる。尚、対象物が眼球運動のみによって注視が可能かどうか微妙な位置関係に配置されているようなときは、頭部の回転の前に眼球運動による注視が試みられるが、ここに例示したような、眼球運動のみによっては注視があきらかに不可能であることがわかっている場合は、通常は眼球運動によって注視が試みられることはなく、先ず、頭部が回転される。

【0065】ここで、指定された対象物が視認可否判定手段117により視認可能であると判定されると、距離判定手段116にその旨伝えられ、視認可能であると判定された動作段階における人体モデルの視点から見た、その視認された対象物までの視距離が算出される。視認可能ないし注視可能であるという判定とともにそのときの視距離を知ることにより、一層正確な評価を与えることができる。

【0066】さらに、図1に示す機器操作性評価支援装置100には、領域指標図形格納部118が備えられている。この領域指標図形格納部118には、シミュレーション空間内での人体モデルの作業可能領域をあらわす領域指標図形が、各人体モデルの各姿勢に対応づけられて格納されており、画像表示部108では、画像上にあらわれた人体モデルの腕の位置等に合わせて、その人体モデルがその姿勢でいるときの作業可能領域をあらわす領域指標図形が表示される。

【0067】前述したように、シミュレーション空間内の人体モデルは、動作指示手段109からの指示により動作させることができ、その動作により、ある作業が可能であるか否かが判定することができるが、その場合は人体モデルを動かすという操作が必要である。これに対し、領域指標図形は、その人体モデルを動かしたとしたら動作可能である領域をあらわす図形であり、その人体モデルをいちいち動かすことなく動作可能である領域が一見して視認でき、操作性評価の効率化が図られる。

【0068】本実施形態では、領域指標図形格納部118には作業性の異なる複数段階の作業可能領域をあらわす複数の領域指標図形が、人体モデルおよび姿勢に応じて格納されており、作業可能領域選択手段119では、

領域指標図形格納部118に格納された、作業性の異なる複数段階の作業可能領域の中から、表示用の作業可能領域を、複数段階の作業可能領域の同時選択を許容して選択される。この作業可能領域選択手段119も、具体的には、例えばキーボードやマウスが用いられる。

【0069】作業可能領域選択手段119により表示用の作業可能領域が選択されると、画像表示部108では、画像上にあらわれた人体モデルの、作業可能領域選択手段119で選択された作業可能領域をあらわす領域指標図形が表示される。この画像上に表示された領域指標図形は、シミュレーション空間内に配置された人体モデルの姿勢の変更に伴って、変更前の姿勢の人体モデルの領域指標図形に代えて、変更後の姿勢の人体モデルの領域指標図形が表示される。同じレベルの作業性を有するものであっても、姿勢に応じて作業可能領域が異なるからである。

【0070】図12は、人体モデルに領域指標図形を付加した画像例を示す図である。図12(A)、(B)には、それぞれ立姿勢、しゃがんだ姿勢における、手先の作業可能領域43、44が示されている。この例に示すように、人体の同じ部位であっても、人体モデルの姿勢によりその作業可能領域は異なっている。

【0071】図13は、正面(A)および側面(B)から見た人体モデルに、視野図形と領域指標図形との双方を表示した例を示す図である。本実施形態では、この図13に示すように、視野領域や作業可能領域が人体モデルに付加されて表示され、人体モデルをいちいち動かすことなく、概略的な操作性評価を行なうことができる。したがって、これだけでは不明の部分のみ人体モデルを動作させて確認すればよく、効率の良い操作性評価を行なうことができる。

【0072】図14は、本発明の機器操作性評価支援装置のもう一つの実施形態のハードウェア構成図である。ここでは、本発明をコンピュータシステムで構成した実施形態について説明する。ここには、CPUやメモリ等からなる演算部200が備えられている。この演算部200は、シミュレーション空間の生成とシミュレーションの実行を担っており、ハードウェア上は、図1に示す実施形態における、モデル配置手段107、動作評価手段110、距離算出手段116、視認可否判定手段117、視野内外判定手段114、および、画像表示部108のうち、実際に画像を表示する機能を除く画像として表示すべき図形を演算する部分の全ての役割りを担っている。

【0073】また、図14に示す実施形態には、キーボード、マウス等の入力装置201、およびモニタ等出力装置202が備えられている。入力装置201は、ハードウェア上は図1に示す実施形態における体型選択手段105、姿勢選択手段106、動作指示手段109、視野選択手段112、眼球動作指示手段113、対象物指

定手段 115、および作業可能領域選択手段 119 の全ての役割りを担っている。また、出力装置 202 は、図 1 に示す画像表示部 108 の役割りのうち、画像を実際に出力する役割部分を担っている。

【0074】さらに、図 14 に示す実施形態には、各種のデータやテーブルを格納する複数のファイル 203 ~ 214 が備えられている。以下、各ファイルについて説明する。ファイル 203 には、体型の異なる複数の人体モデルを構築するための人体モデル部品の形状データが格納されている。このファイル 203 は、図 1 に示す実施形態における人体モデル部品格納部 101 に相当する。

【0075】ファイル 204 には、視野形状をあらわすデータ群が格納されている。このファイル 204 は、図 1 に示す実施形態における視野図形格納部 111 に相当する。ファイル 205 には、作業領域の形状をあらわすデータ群が格納されている。このファイル 205 は、後述するファイル 209 と合わせて、図 1 に示す実施形態における領域指標図形格納部 118 に相当する。

【0076】ファイル 206 には、車椅子等の補助機具の形状をあらわすデータ群が格納されている。このファイル 206 は、図 1 に示す実施形態における補助機具モデル格納部 103 に相当する。ファイル 207 には、膝の部品の隣には、上腿の部品が配置されるといった、各人体モデル部品の配置データ、および膝の部品と上腿の部品を相対的にどの角度範囲内で動かすことができるかといった、各部品の可動範囲データが格納されている。このファイル 207 と、以下に説明するファイル 208 とを合わせたものが、図 1 に示す実施形態における部品配置データ格納部 102 に相当する。

【0077】ファイル 208 には、人体モデルの基本的な姿勢、例えば立姿勢、椅子に座った姿勢、しゃがみ姿勢等を定義した基本姿勢テーブルが格納されている。姿勢が定義されているとは、例えば立姿勢では膝の部品と上腿の部品が一直線に並び、椅子に座った姿勢では膝の部品と上腿の部品が直角に接続されるといった、各部品の接続される角度などが定義されていることをいう。このファイル 208 は、上述したように、ファイル 207 とともに、図 1 に示す実施形態における部品配置データ格納部 102 に相当する。

【0078】ファイル 209 には、姿勢と作業領域との関係をあらわすテーブルが格納されている。ここでいう姿勢には、立姿勢、椅子に座った姿勢等の基本姿勢のほか、人体モデルがある基本姿勢内で動作したときの種々の姿勢も含まれる。それら種々の姿勢に応じて作業領域が異なるからである。作業領域をあらわす形状自身はファイル 205 に格納されており、これらのファイル 205、209 を合わせたものが、図 1 に示す実施形態における領域指標図形格納部 118 に相当する。

【0079】ファイル 210 には、姿勢や補助機具と基

準位置との関係を示すテーブルが格納されている。このファイル 210 は、図 1 に示す実施形態における基準位置格納部 104 に相当する。ファイル 211 には、各人体モデル部品ごとの移動量、移動速度、移動加速度等と、評価点数との関連を示すデータが格納されている。このファイル 211 に格納されたデータは、人体モデルの動作を評価する際に参照されるデータであり、図 1 に示す実施形態では明示的には示されていないが、動作評価手段 110 に含まれている。

【0080】ファイル 212 には、ファイル 211 に格納されたデータが参照されることにより得られた人体モデルの動作の評価結果が格納され、機器の操作性を評価する際に参考にされる。また、ファイル 213 には人体モデルの動作自体のデータが処理履歴として格納される。このファイル 213 に格納されたデータは、詳細な検討を行なう目的等で、人体モデルに一度行なわせた動作を再現する場合に使用される。

【0081】また、ファイル 214 には、この図 14 に示す機器操作性評価支援装置とは異なる三次元 CAD システムで作成された、製品形状データ、製品構成データ、部品配置データ等からなる機器モデルをあらわすデータが、データコンバータ 215 により、この機器操作性評価支援装置に適合するデータ形式に変換されて格納される。

【0082】図 15 ~ 図 31 は、図 14 にハードウェア構成を示す実施形態における演算部 201 で実行されるプログラムの各部分フローを示したフローチャートである。以下、これらのフローチャートを参照して、図 14 にハードウェア構成を示す実施形態におけるソフトウェアについて説明する。まず図 15 のステップ 15_1 において、ファイル 214 から設計対象物、例えばある単体の機器、あるいはレイアウト設計対象としての複数の機器をあらわすデータが演算部 200 に読み込まれ、ステップ 15_2 において、オペレータからの人体モデル呼び出し指示待ちとなる。オペレータにより、ある特定の人体モデルあるいはデフォルトとして指定されている人体モデルが指示されると、ステップ 15_3 に進み、指示された人体モデルに関する各種データが演算部 200 内部のメモリ上に既に存在するか否かが判定され、メモリ上に存在しないときは、図 14 に示すファイル 203 やその他のファイルから、指示された人体モデルに関する、人体モデル形状やその他の各種データが全てメモリ上に読み込まれ（ステップ 15_4）、初期配置条件に基づき、その人体モデルの姿勢、配置位置、使用補助機具等が決定され、その人体モデルがシミュレーション空間に配置される（ステップ 15_5）。

【0083】次いで、図 15 に示す各ステップ 15_6 ~ 15_12、および図 16 に示す各ステップ 16_1 ~ 16_6 において、現在のモードが、それぞれ、体型変更モードであるか否か（ステップ 15_6）、姿勢変

更モードであるか否か（ステップ 1 5__7）、補助機具変更モードであるか否か（ステップ 1 5__8）、視野形状表示モードであるか否か（ステップ 1 5__9）、視野形状非表示モードであるか否か（ステップ 1 5__10）、作業領域形状表示モードであるか否か（ステップ 1 5__11）、作業領域形状非表示モードであるか否か（ステップ 1 5__12）、動作モードであるか否か（ステップ 1 6__1）、眼球運動モードであるか否か（ステップ 1 6__2）、視距離測定モードであるか否か（ステップ 1 6__3）、干渉判定モードであるか否か（ステップ 1 6__4）、注視可能性判定モードであるか否か（ステップ 1 6__5）、および注視可能性及び視距離測定モードであるか否か（ステップ 1 6__6）が判定され、各モードであったときは、それぞれ、図 1 9～図 3 1 に示すいずれかのフローに進む。図 1 9～図 3 1 に示す各フローの説明は後に回す。各モードであるか否かの判定は各モードをあらわすフラグを参照することにより行なわれる。

【0084】これらのいずれのモードでもなかったとき、あるいはこれらのいずれかのモードであったときは図 1 9～図 3 1 に示す各モードに対応するフローを実行した後、ステップ 1 6__7 に進み、人体モデルの視点から見た画像を生成するよう指示されているか否かが判定される。人体モデルの視点から見た画像生成が指示されているときは、人体モデルの視点から見た画像を生成し、その生成した画像を、出力装置 2 0 2 の表示画面上に生成された専用表示ウィンドウに表示してステップ 1 6__9 に進む。

【0085】ステップ 1 6__7 において、人体モデルの視点から見た画像を生成する指示がなされていないと判定されたときは、ステップ 1 6__8 に飛ばして直接にステップ 1 6__9 に進む。ステップ 1 6__9 では、表示フラグ等に基づき、シミュレーション空間を表示するための、人体モデルの視点以外の視点から見た画像が生成され、出力装置 2 0 2 に表示される。表示フラグについては後述する。

【0086】すなわち、ステップ 1 6__7～1 6__9 では、人体モデルの視点から見た画像生成の指示の有無にかかわらず人体モデルの視点以外の視点から見た画像が生成されて表示され、人体モデルの視点から見た画像の生成の指示があったときは、人体モデルの視点以外の視点から見た画像とともに、専用ウィンドウに、人体モデルの視点から見た画像も表示される。

【0087】次いで、図 1 7 に示すフローのステップ 1 7__1 に進み、この機器操作性評価支援装置の利用者（オペレータ）からの指示待の状態となる。オペレータから、以下において説明する各種の指示のうちのいずれかの指示が入力されると、ステップ 1 7__2 以降に進む。以下、各指示が入力された場合のモード設定について説明する。尚、各指示の内容の説明は後に回す。

【0088】ステップ 1 7__2 では、今回入力された指示が終了指示であるか否かが判定され、終了指示であったときはこのルーチンを終了する。ステップ 1 7__3 では、今回入力された指示が体型変更の指示であるか否かが判定され、体型変更の指示であったときは、ステップ 1 7__4 において、体型変更モードに設定される。具体的には体型変更モード用のフラグが立てられる。他のモードについても同様であり、以下フラグ操作についての説明は省略する。

【0089】ステップ 1 7__5 では、今回入力された指示が基本姿勢変更の指示であるか否かが判定され、基本姿勢変更の指示であったときは、ステップ 1 7__6 において、基本姿勢変更モードに設定される。ステップ 1 7__7 では、今回入力された指示が補助機具変更の指示であるか否かが判定され、補助機具変更の指示であったときは、ステップ 1 7__8 において補助機具変更モードに設定される。

【0090】ステップ 1 7__9 では、今回入力された指示が視野形状表示指示であるか否かが判定され、視野形状表示指示であったときは、ステップ 1 7__1 0 において視野形状表示モードに設定される。ステップ 1 7__1 1 では、今回入力された指示が視野形状非表示指示であるか否かが判定され、視野形状非表示指示であったときは、ステップ 1 7__1 2 において視野形状非表示モードに設定される。

【0091】さらに、図 1 8 に示すフローに進み、ステップ 1 8__1 では、今回入力された指示が作業領域形状表示指示であるか否かが判定され、作業領域形状表示指示であったときは、ステップ 1 8__2 において、作業領域形状表示モードに設定される。ステップ 1 8__3 では、今回入力された指示が作業領域形状非表示指示であるか否かが判定され、作業領域形状非表示指示であったときは、ステップ 1 8__4 において、作業領域形状非表示モードに設定される。

【0092】ステップ 1 8__5 では、今回入力された指示が動作指示であるか否かが判定され、動作指示であったときはステップ 1 8__6 に進み、動作モードに設定される。ステップ 1 8__7 では、今回入力された指示が眼球運動に関する指示であるか否かが判定され、眼球運動に関する指示であったときは、ステップ 1 8__8 において、眼球運動モードに設定される。

【0093】ステップ 1 8__9 では、今回入力された指示が視距離測定に関する指示であるか否かが判定され、視距離測定に関する指示であったときは、ステップ 1 8__1 0 において視距離測定モードに設定される。ステップ 1 8__1 1 では、今回入力された指示が干渉判定指示か否かが判定され、干渉判定指示であったときは、ステップ 1 8__1 2 において干渉判定モードに設定される。

【0094】ステップ 1 8__1 3 では、今回入力された指示が注視可能性判定指示であるか否かが判定され、注

視可能性判定指示であったときは、ステップ 1 8 _ 1 4 において注視可能性判定モードに設定される。ステップ 1 8 _ 1 5 では、注視可能性を含めた視距離測定指示であるか否かが判定され、注視可能性を含めた視距離測定指示であったときは、ステップ 1 8 _ 1 6 において、注視可能性判定及び視距離測定モードに設定される。

【 0 0 9 5 】ステップ 1 8 _ 1 7、1 8 _ 1 8 は上述の各種指示以外の指示が入力されたときにも同様に、入力された指示に対応するモードにモード設定がなされることを示しているが、ここでは、上記以外の指示が入力された場合についての説明は省略する。以上のようにしてモード設定がなされると、図 1 5 に示すフローのステップ 1 5 _ 6 に戻り、設定されたモードに応じたルーチン（図 1 9 ~ 図 3 1）が実行される。以下、各モードにおけるルーチンについて順次説明する。

【 0 0 9 6 】図 1 9 は、体型変更モードのときに実行されるルーチンを示すフローチャートである。この図 1 9 に示すルーチンは、図 1 5 に示すフローのステップ 1 5 _ 6 で体型変更モードであると判定されたときに実行される。この体型変更モードは、シミュレーション空間に配置されている人体モデルを体型の異なる人体モデルに変更するモードである。ステップ 1 9 _ 1 において、変更後の体型の人体モデル形状やその人体モデルに関連する各種データが演算部 2 0 0（図 1 4 参照）のメモリに読み込まれ、ステップ 1 9 _ 2 において、ファイル 2 1 0 に格納されている基本姿勢と基準位置との関連を規定したデータより基準位置が選択され、ステップ 1 9 _ 3 において、体位変更前の基準位置に変更後の基準位置が合致するように、人体モデルのシミュレーション空間上の位置が決定される。

【 0 0 9 7 】ステップ 1 9 _ 4 では体型変更モードが解除され、図 1 6 に示すフローのステップ 1 6 _ 7 に戻り、ステップ 1 6 _ 9 において体位変更後の人体モデルが画像上に表示される。尚、ステップ 1 9 _ 4 における体型変更モードの解除は、単に、体型変更モードをあらわすフラグの解除を意味している。他のモードにおける「解除」も同様である。

【 0 0 9 8 】図 2 0 は、基本姿勢変更モードのときに実行されるルーチンを示すフローチャートである。この図 2 0 に示すルーチンは、図 1 5 に示すフローの、ステップ 1 5 _ 7 で姿勢変更モードであると判定されるときに実行される。この姿勢変更モードは、例えば立姿勢から椅子に座った姿勢への変更等、人体モデルの基本的な姿勢を変更するモードである。

【 0 0 9 9 】ステップ 2 0 _ 1 では、図 4 に示すファイル 2 0 8 に格納されている基本姿勢テーブルより、姿勢変更に必要なデータが取得され、ステップ 2 0 _ 2 では、ファイル 2 1 0 に格納されている基本姿勢と基準位置との関連をあらわすテーブルより、変更後の基本姿勢に対応する基準位置が選択される。さらに、ステップ 2

0 _ 3 では、人体モデルの基本姿勢の変更が演算上実施され、ステップ 2 0 _ 4 では、基本姿勢変更後の基準位置に基づき、人体モデルのシミュレーション空間上の配置位置が決定される。ステップ 2 0 _ 5 では基本姿勢変更モードが解除されて図 1 6 に示すフローのステップ 1 6 _ 7 に戻り、ステップ 1 6 _ 9 では、姿勢変更後の人体モデルが画像上に表示される。

【 0 1 0 0 】図 2 1 は、補助機具変更モードのときに実行されるルーチンを示すフローチャートである。この図 2 1 に示すルーチンは、図 1 5 に示すフローの、ステップ 1 5 _ 8 で補助機具変更モードであると判定されたときに実行される。この補助機具変更モードは、シミュレーション空間に配置される補助機具を変更するモードである。

【 0 1 0 1 】ステップ 2 1 _ 1 では、ファイル 2 1 0 に格納されている姿勢・補助機具と基準位置との関連をあらわすテーブルより、変更後の補助機具を使用したときの基準位置と姿勢の組み合わせが選択され、ステップ 2 1 _ 2 では、その選択内容に基づき、補助機具と人体モデルの基準位置どうしを合致させ、かつ、人体モデルをその補助機具を使用したときの姿勢へ変更する演算処理が実行され、ステップ 2 1 _ 3 では、補助機具を含めた人体モデルの、シミュレーション空間上の位置が決定される。ステップ 2 1 _ 4 では補助機具変更モードが解除されて図 1 6 に示すフローのステップ 1 6 _ 7 に戻り、ステップ 1 6 _ 9 では、変更後の補助機具を含めた人体モデルが画像上に表示される。

【 0 1 0 2 】図 2 2 は、視野形状表示モードのときに実行されるルーチンを示すフローチャートである。この図 2 2 に示すルーチンは、図 1 5 に示すフローの、ステップ 1 5 _ 9 で視野形状表示モードであると判定されたときに実行される。この視野形状表示モードは、シミュレーション空間に配置された人体モデルの視野形状をあらわす図形を表示するモードである。

【 0 1 0 3 】ステップ 2 2 _ 1 では、表示指示された視野形状に対応する表示フラグが立てられる。例えば図 2 に 2 種類の視野図形 3 1、3 2 を示すように、ここでは視認性の程度が異なる複数の図形を表示することができ、各図形に表示フラグが対応づけられており、ある表示フラグが設定されるとその設定された表示フラグに対応する視野図形が表示される構成となっている。

【 0 1 0 4 】ステップ 2 2 _ 2 では、視野形状表示モードが解除されて図 1 6 に示すフローのステップ 1 6 _ 7 に戻り、ステップ 1 6 _ 8、ステップ 1 6 _ 9 では、表示フラグに基づき、指示された視認性の視野図形が表示される。図 2 3 は、視野形状非表示モードのときに実行されるルーチンを示すフローチャートである。この図 2 3 に示すルーチンは、図 1 5 に示すフローの、ステップ 1 5 _ 1 0 で視野形状非表示モードであると判定されたときに実行される。

【0105】この視野形状非表示モードは、シミュレーション空間に配置された人体モデルの、それまで表示されていた視野形状をあらわす図形を非表示に変更するモードである。ステップ23__1では、非表示が指示された視野形状に対応する表示フラグが解除される。ステップ23__2では、視野形状非表示モードが解除されて図16に示すフローのステップ16__7に戻り、ステップ16__8、ステップ16__9では、表示フラグに基づき、それまで表示されていた視野形状をあらわす図形のうち、非表示が指示された視野形状が非表示に変更される。

【0106】図24は、作業領域形状表示モードのときに実行されるルーチンを示すフローチャートである。この図24に示すルーチンは、図15に示すフローの、ステップ15__11で作業領域形状表示モードであると判定されたときに実行される。この作業領域形状表示モードは、シミュレーション空間に配置された人体モデルの作業領域形状をあらわす図形を表示するモードである。作業領域形状も、前述した視野形状と同様に、作業性の程度が異なる複数段階の作業領域をあらわす作業領域形状が存在し、また、人体モデルを構成する複数の部品についてそれぞれ作業領域形状が存在する。各作業領域形状には、各表示フラグが対応づけられている。

【0107】ステップ24__1では、表示指示された作業領域形状に対応する表示フラグが立てられる。ステップ24__2では、作業領域形状表示モードが解除され、図16に示すフローのステップ16__7に戻り、ステップ16__8、ステップ16__9では、表示フラグに基づき、指示された作業性の作業領域形状をあらわす図形が表示される。

【0108】図25は、作業領域形状非表示モードのときに実行されるルーチンを示すフローチャートである。この図25に示すルーチンは、図15に示すフローのステップ15__12で作業領域形状非表示モードであると判定されたときに実行される。この作業領域非表示モードは、シミュレーション空間に配置された人体モデルの、それまで表示されていた作業領域形状をあらわす図形を非表示に変更するモードである。

【0109】ステップ25__1では、非表示が指示された作業領域形状に対応する表示フラグが解除される。ステップ25__2では、作業領域形状非表示モードが解除されて図16に示すフローのステップ16__7に戻り、ステップ16__8、ステップ16__9では、表示フラグに基づき、それまで表示されていた作業領域形状をあらわす図形のうち、非表示が指示された作業領域形状が非表示に変更される。

【0110】図26は、動作モードのときに実行されるルーチンを示すフローチャートである。この図26に示すルーチンは、図16に示すフローの、ステップ16__1で動作モードであると判定されたときに実行される。

この動作モードは、シミュレーション空間に配置された人体モデルの動作が指示されたときにその動作を実行するモードである。

【0111】ステップ26__1では、指示された動作を単位時間あたりの微小動作量に分割する演算が行なわれる。ステップ26__2では、指示された動作が全て実行されたか否かが判定される。指示された動作が全て実行されたときはステップ26__3に進み、動作モードが解除されて図17に示すフローの先頭に戻り、オペレータからの次の指示待ちの状態となる。

【0112】指示された動作の実行が残っているときは、ステップ26__4に進み、シミュレーション内の時間が単位時間進められ、ステップ26__5では、人体モデルの動作が、ステップ26__1で分割された1ステップ分だけ更新され、かつ、今回の微小動作に対応する、単位時間あたりの微小動作量が全体の動作量から差し引かれて残りの動作量が求められる。ステップ26__6では、ファイル211が参照されて今回の微小動作による位置、速度、加速度の変更量等に基づいて評価点が求められ、その求められた評価点数が記録される。

【0113】ステップ26__7では、ファイル209に格納された姿勢と作業領域との関連を記録したテーブルが参照され、今回微小量だけ動作したことによる姿勢変更に伴い、作業領域を変更する必要があるか否かが確認され、作業領域の変更が必要であるときは（ステップ26__8）、作業領域が変更される（ステップ26__9）。

【0114】ステップ26__10では、人体モデルの視点から見た画像の生成が指示されているか否かが判定され、人体モデルの視点から見た画像の生成が指示されているときは、ステップ26__11において、人体モデルの視点から見た画像が生成されて専用ウィンドウに表示される。ステップ26__12では、表示フラグ等に基づき、人体モデルの視点以外の視点から見たシミュレーション空間を表示するための画像が生成されて表示され、ステップ26__2に戻る。

【0115】このようにして、人体モデルの動作が指示されると、その指示された動作量が単位時間毎の微小動作量に分解され、人体モデルが微小動作量ずつ動作し、必要に応じて作業領域が変更され、その動作の様子が画像に表示されるとともにその動作が評価される。図27は、眼球運動モードのときに実行されるルーチンを示すフローチャートである。この図27に示すルーチンは、図16に示すフローの、ステップ16__2で眼球運動モードであると判定されたときに実行される。

【0116】この眼球運動モードは、シミュレーション空間に配置された人体モデルの眼球運動に関する指示が入力されたときにその指示に基づく眼球の動作を実行するモードである。ステップ27__1では、今回入力された指示が眼球運動状態を終了させる指示であるか否か判

定される。次いで、ステップ 2 7 _ 2 では、眼球運動開始指示であるか否かが判定される。

【 0 1 1 7 】ステップ 2 7 _ 2 において、眼球運動開始指示であったときは、ステップ 2 7 _ 3 に進み、眼球の動きと連動する視野形状を表示するよう指示がなされているか否かが判定される。眼球の動きと連動する視野形状とは、例えば図 1 0 に示す視野図形 3 3 であり、眼球の動作に伴って図 1 0 (A) (B) のようにその位置が移動する。

【 0 1 1 8 】ステップ 2 7 _ 3 における、眼球の動きと連動する視野形状を表示するよう指示がなされているか否かの判定結果に応じて、それぞれステップ 2 7 _ 4 , 2 7 _ 5 に進み、これらの各ステップでは、眼球と連動する視野形状の表示フラグが立てられ (ステップ 2 7 _ 4) 、あるいはその表示フラグが解除される (ステップ 2 7 _ 5) 。

【 0 1 1 9 】ステップ 2 7 _ 6 では、眼球運動の指示量を基に視点の姿勢変更量、すなわち見ている方向の変化量が計算され、ステップ 2 7 _ 7 では、眼球と連動する視野形状の姿勢変更量、すなわち画像上での移動量が計算され、ステップ 2 7 _ 1 0 に進み、眼球運動モードが解除されて、図 1 6 に示すフローのステップ 1 6 _ 7 に戻る。眼球と連動する視野形状の表示フラグが立てられている場合、ステップ 1 6 _ 8 では、シミュレーション空間に配置された人体モデルが注視している視野形状をあらわす図形が眼球の運動に連動して移動する。

【 0 1 2 0 】図 2 7 に示すルーチンのステップ 2 7 _ 2 において、今回入力された眼球運動に関する指示が眼球運動開始指示ではないと判定されたとき、すなわち、眼球運動は既に開始されており、今回さらに眼球の移動量が入力された場合は、ステップ 2 7 _ 6 に進む。以下は同様である。また、ステップ 2 7 _ 1 において、今回入力された眼球運動に関する指示が眼球運動状態の終了の指示であったときは、ステップ 2 7 _ 8 に進み、眼球運動が再開される場合に備えて眼球の姿勢が真正面向いた位置に変更され、ステップ 2 7 _ 9 において眼球と連動する視野形状の表示フラグが解除され、ステップ 2 7 _ 1 0 に進み眼球運動モードが解除される。

【 0 1 2 1 】図 2 8 は、視距離測定モードのときに実行されるルーチンを示すフローチャートである。この図 2 8 に示すルーチンは、図 1 6 に示すフローの、ステップ 1 6 _ 3 で視距離測定モードであると判定されたときに実行される。この視距離測定モードは、シミュレーション空間に配置された人体モデルの視点と人体モデルが見ている対象物との間の距離を測定するモードである。

【 0 1 2 2 】ステップ 2 8 _ 1 では、入力装置 2 0 1 の操作により指示されている測定対象物と、視点との間の距離が計算され、ステップ 2 8 _ 2 では、出力装置 2 0 2 に表示されている画像上に、視距離を示す線や距離 (数値) データが表示される。ステップ 2 8 _ 3 では視

距離測定モードが解除され、図 1 6 に示すフローのステップ 1 6 _ 7 に戻る。

【 0 1 2 3 】図 2 9 は、干渉判定モードのときに実行されるルーチンを示すフローチャートである。この図 2 9 に示すルーチンは、図 1 6 に示すフローの、ステップ 1 6 _ 4 で干渉判定モードであると判定されたときに実行される。この干渉判定モードは、シミュレーション空間に配置された人体モデルの視野内に対象物が入っているか否かを、人体モデルの視野をあらわす立体形状と対象物との干渉判定により認識するためのルーチンである。

【 0 1 2 4 】ステップ 2 9 _ 1 では、干渉判定を行なうべき測定対象物 (設計対象物) が指定されているか否かが判定され、指定されているときはステップ 2 9 _ 2 に進んでその指定されている測定対象物と立体的な視野形状との干渉チェックが実行され、測定対象物 (設計対象物) が指定されていないときはステップ 2 9 _ 3 に進み、シミュレーション空間に配置されている全ての設計対象物と視野形状との間での干渉チェックが実行される。

【 0 1 2 5 】ステップ 2 9 _ 4 では、ステップ 2 9 _ 2 ないしステップ 2 9 _ 3 における干渉チェックの結果が、1) 干渉なし (対象物全体が視野形状外にある) 、2) 一部干渉 (対象物の一部分が干渉している) 、3) 完全干渉 (対象物全体が視野形状内に存在する) の 3 つの状態に区別され、色分け、輝度変更、その対象物を囲む最大外形線の線種などによって 1) ~ 3) が識別されるようにして表示される。

【 0 1 2 6 】ステップ 2 9 _ 5 では干渉判定モードが解除され、図 1 6 に示すフローのステップ 1 6 _ 7 に戻る。図 3 0 は、注視可能性判定モードのときに実行されるルーチンを示すフローチャートである。この図 3 0 に示すルーチンは、図 1 6 に示すフローの、ステップ 1 6 _ 5 で注視可能性判定モードであると判定されたときに実行される。

【 0 1 2 7 】この注視可能性判定モードは、シミュレーション空間に配置された人体モデルが、指定された注視対象物を、基本姿勢 (例えば椅子に座った姿勢) を維持した範囲内で体を動かすことにより注視することができるか否かが判定される。ここでは、基本姿勢を維持した範囲内で体を動かした後の状態も「姿勢」と称している。

【 0 1 2 8 】ステップ 3 0 _ 1 では、注視対象物が現姿勢における良好な視野内におさまっていないかどうか判定される。注視対象物が現姿勢で既に良好な視野内に存在しているときは、ステップ 3 0 _ 6 に飛び、注視可能であることを画像上に表示することにより利用者 (オペレータ) に通知される。ステップ 3 0 _ 1 において、注視対象物が現姿勢のままでは良好な視野内におさまっていないと判定されたときは、ステップ 3 0 _ 2 に進み、図 1 に示す実施形態において説明した動作方法、すなわ

10

20

30

40

50

ち、例えば頭を回わして注視できなかったときに上体を回す等、可動部品を 1 つずつ順次動かすという方法により姿勢が変更される。

【0129】ステップ 30__3 では、ステップ 30__2 における姿勢変更により注視対象物を良好な視野範囲内におさめることができたか否かが判定される。良好な視野範囲内におさめることができたときと一応判定されるときは、ステップ 30__4 に進み、眼球運動によりその注視対象物全体が注視可能範囲にあるか否かが最終確認され、注視可能範囲にあると判定されたとき（ステップ 30__5）は、ステップ 30__6 に進み、注視可能であることが利用者に通知される。

【0130】一方ステップ 30__3 において、姿勢の変更によっても注視対象物を良好な視野範囲内におさめることができないと判定されたとき、もしくはステップ 30__4 における最終確認において注視可能範囲から外れていることがわかったときは、ステップ 30__7 に進み、注視不可能であることが利用者に通知される。ステップ 30__8 では、注視可能性判定モードが解除され、図 16 に示すフローのステップ 16__7 に戻る。

【0131】図 31 は、注視可能性判定及び視距離測定モードのときに実行されるルーチンを示すフローチャートである。この図 31 に示すルーチンは、図 16 に示すフローの、ステップ 16__6 で、注視可能性判定及び視距離測定モードであると判定されたときに実行される。この注視可能性判定及び視距離測定モードでは、基本姿勢を維持した範囲内における姿勢の変更により対象物を注視できるかどうか判定され、注視できると判定されたときにその注視した姿勢における視距離が算出される。すなわち、この図 31 に示すルーチンは、図 30 に示す注視可能性判定のルーチンと図 28 に示す視距離測定のルーチンとの複合である。

【0132】ステップ 31__1 ~ 30__5、31__6 は、図 30 に示す注視可能性判定モードのときに実行されるルーチンの、それぞれ、ステップ 30__1 ~ 30__5、30__7 と同様であり、説明は省略する。対象物が注視可能であると判定されるとステップ 31__7 に進む。ステップ 31__7 では、図 28 に示すルーチンのステップ 28__1 と同様に、測定対象物と視点との間の距離（視距離）が計算され、ステップ 31__8 では、図 28 に示すルーチンのステップ 28__2 と同様に、視距離を示す線や距離（数値）データが出力装置 202 の画面上に表示される。

【0133】ステップ 31__9 では、注視可能性判定及び視距離測定モードが解除され、図 16 に示すフローのステップ 16__7 に戻る。

【0134】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、機器の操作性を、シミュレーションにより容易にかつ正確に検証することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の機器操作性評価支援装置の一実施形態のブロック図である。

【図 2】人体モデル変更前後の画像の第 1 例を示す図である。

【図 3】人体モデル変更前後の画像の第 2 例を示す図である。

【図 4】姿勢変更前後の画像の第 1 例を示す図である。

【図 5】姿勢変更前後の画像の第 2 例を示す図である。

【図 6】姿勢変更前後の画像の第 3 例を示す図である。

【図 7】人体モデルの画像に、その人体モデルの姿勢に応じた可動範囲を示した図である。

【図 8】人体モデルに視野図形を付加した画像の第 1 例を示す図である。

【図 9】人体モデルに視野図形を付加した画像の第 2 例を示す図である。

【図 10】視野図形の表示例を示す図である。

【図 11】視野図形の表示例を示す図である。

【図 12】人体モデルに作業可能領域指標図形を付加した画像例を示す図である。

【図 13】人体モデルに、視野図形と作業可能領域指標図形との双方を付加した図を示す図である。

【図 14】本発明の機器操作性評価支援装置のもう 1 つの実施形態のハードウェア構成図である。

【図 15】図 14 にハードウェア構成を示す実施形態における演算部で実行されるプログラムの部分フローを示したフローチャートである。

【図 16】図 14 にハードウェア構成を示す実施形態における演算部で実行されるプログラムの部分フローを示したフローチャートである。

【図 17】図 14 にハードウェア構成を示す実施形態における演算部で実行されるプログラムの部分フローを示したフローチャートである。

【図 18】図 14 にハードウェア構成を示す実施形態における演算部で実行されるプログラムの部分フローを示したフローチャートである。

【図 19】体型変更モードのときに実行されるルーチンを示すフローチャートである。

【図 20】基本姿勢変更モードのときに実行されるルーチンを示すフローチャートである。

【図 21】補助機具変更モードのときに実行されるルーチンを示すフローチャートである。

【図 22】視野形状表示モードのときに実行されるルーチンを示すフローチャートである。

【図 23】視野形状非表示モードのときに実行されるルーチンを示すフローチャートである。

【図 24】作業領域形状表示モードのときに実行されるルーチンを示すフローチャートである。

【図 25】作業領域形状非表示モードのときに実行されるルーチンを示すフローチャートである。

【図 26】動作モードのときに実行されるルーチンを示すフローチャートである。

【図 27】眼球運動モードのときに実行されるルーチンを示すフローチャートである。

【図 28】視距離測定モードのときに実行されるルーチンを示すフローチャートである。

【図 29】干渉判定モードのときに実行されるルーチンを示すフローチャートである。

【図 30】注視可能性判定モードのときに実行されるルーチンを示すフローチャートである。

【図 31】注視可能性判定及び視距離測定モードのときに実行されるルーチンを示すフローチャートである。

【符号の説明】

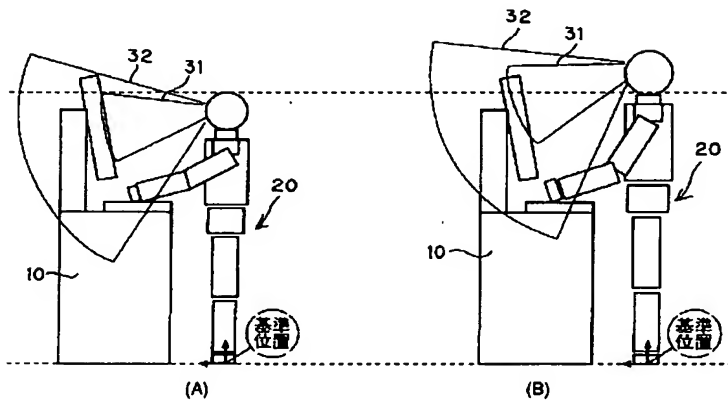
- 10 機器モデル
- 20, 20a, 20b 人体モデル
- 31, 32, 33 視野図形
- 41, 42, 43, 44 領域指標図形
- 100 機器操作性評価支援装置
- 101 人体モデル部品格納部
- 102 部品配置データ格納部
- 103 補助機具モデル格納部
- 104 基準位置格納部

10

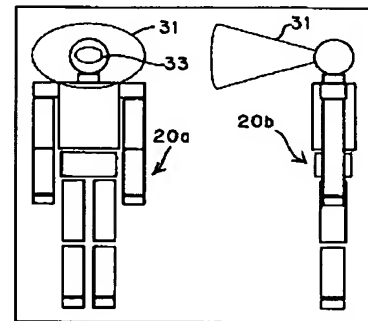
20

- 105 体型選択手段
- 106 姿勢選択手段
- 107 モデル配置手段
- 108 画像表示部
- 109 動作指示手段
- 110 動作評価手段
- 111 視野図形格納部
- 112 視野選択手段
- 113 眼球動作指示手段
- 114 視野内外判定手段
- 115 対象物指定手段
- 116 距離算出手段
- 117 視認可否判定手段
- 118 領域指標図形格納部
- 119 作業可能領域選択手段
- 200 演算部
- 201 入力装置
- 202 出力装置
- 203, 204, ..., 214 ファイル
- 215 データコンバータ
- 300 CADシステム

【図 2】

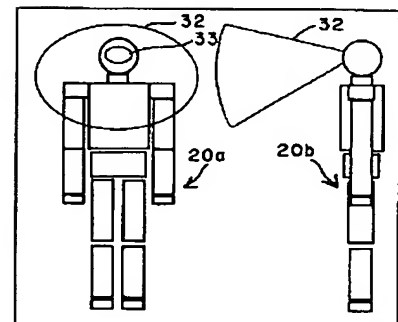
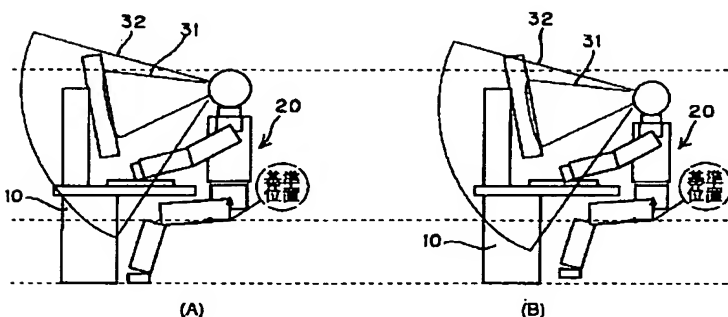


【図 8】

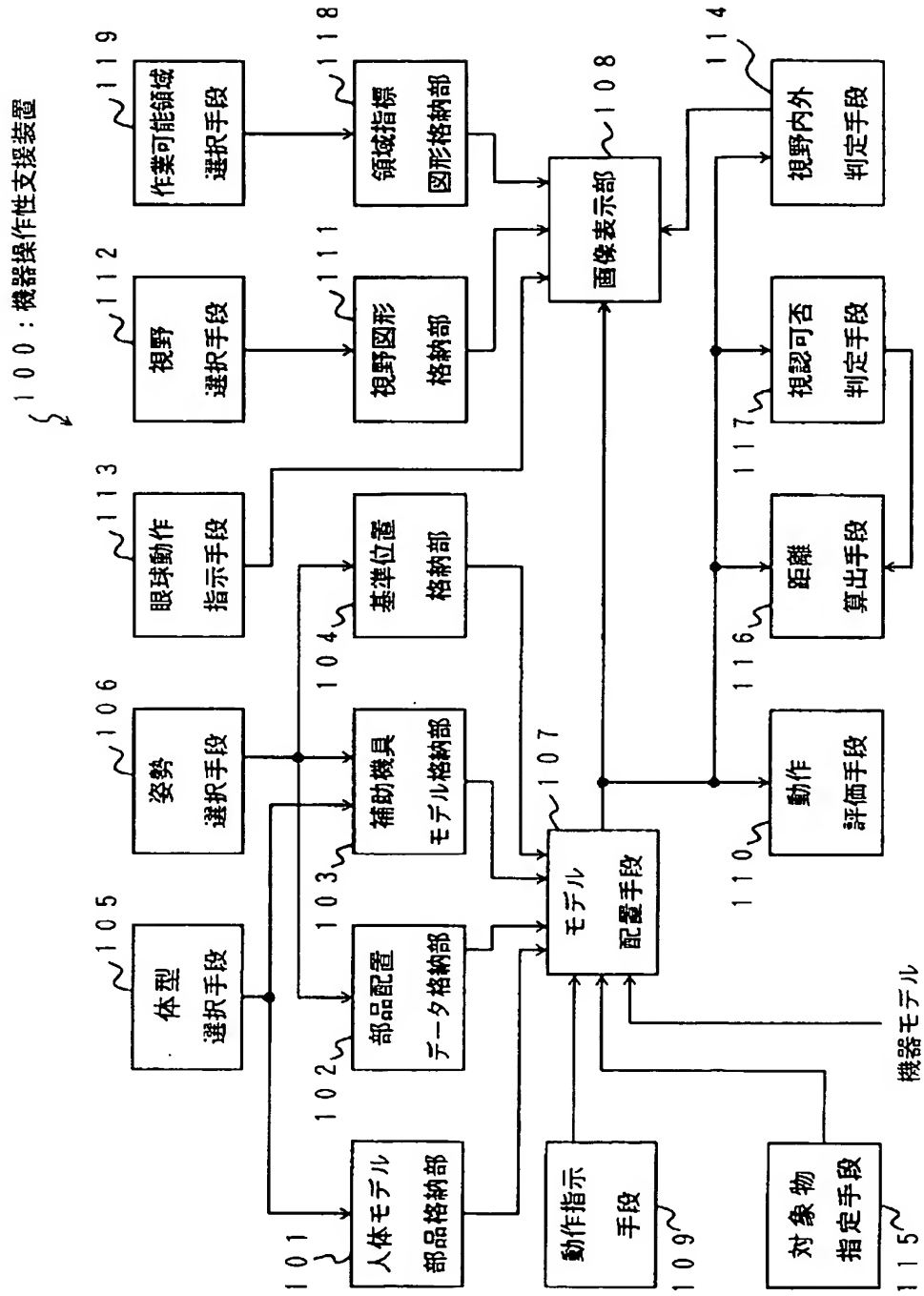


【図 9】

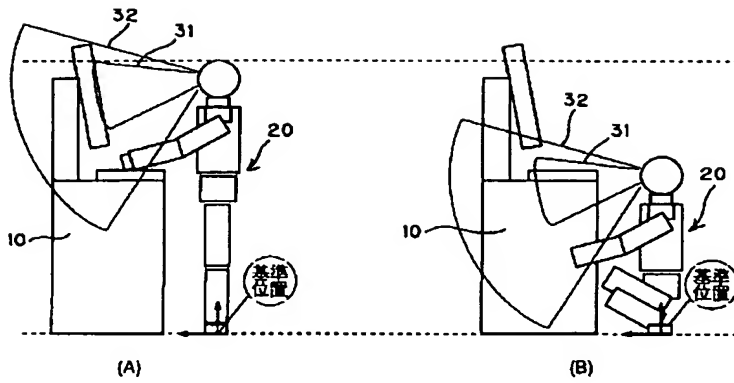
【図 3】



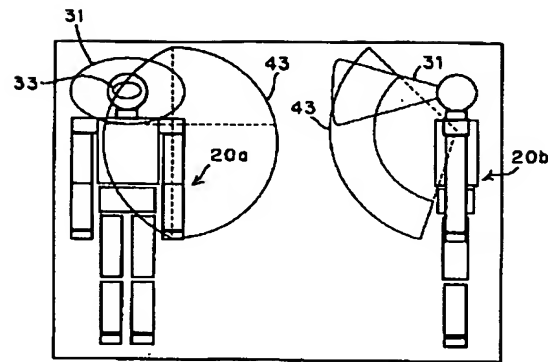
【図 1】



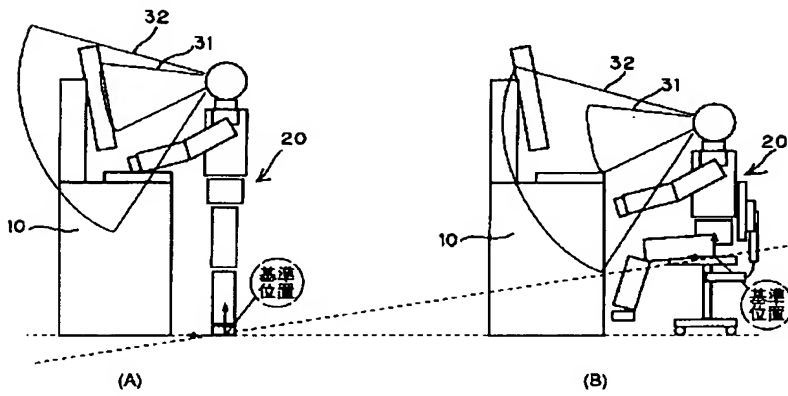
【図 4】



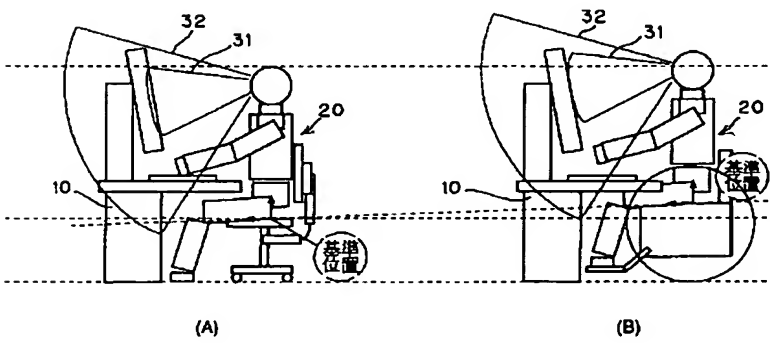
【図 13】



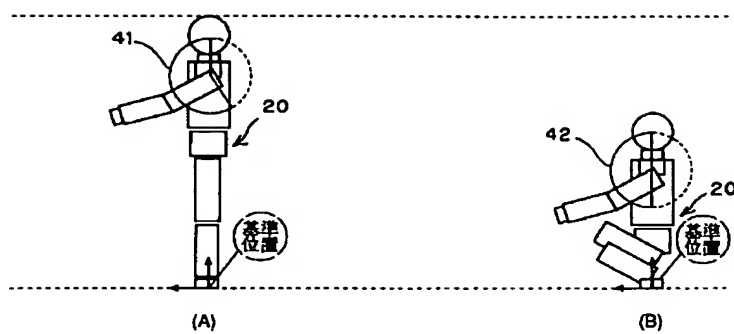
【図 5】



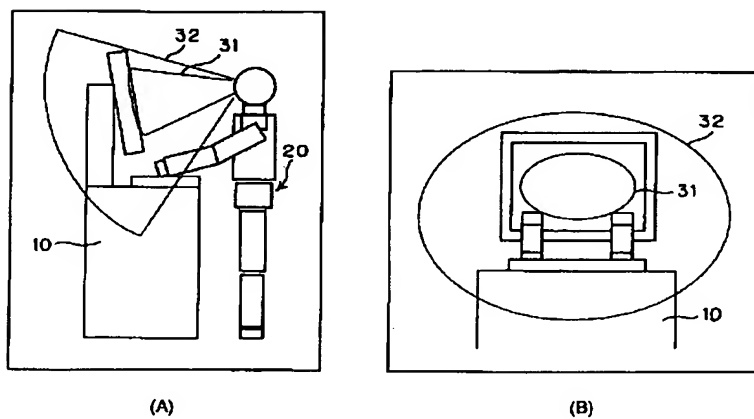
【図 6】



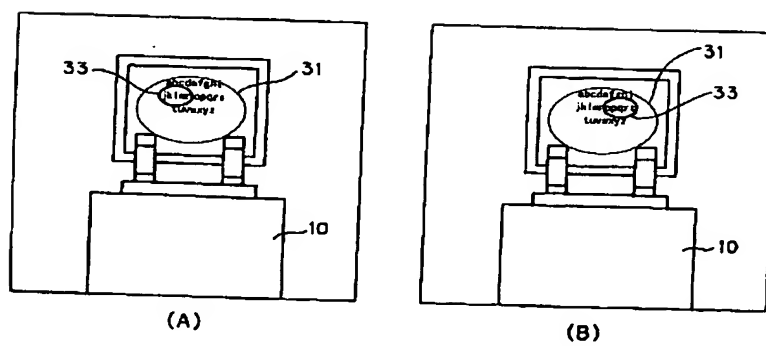
【図 7】



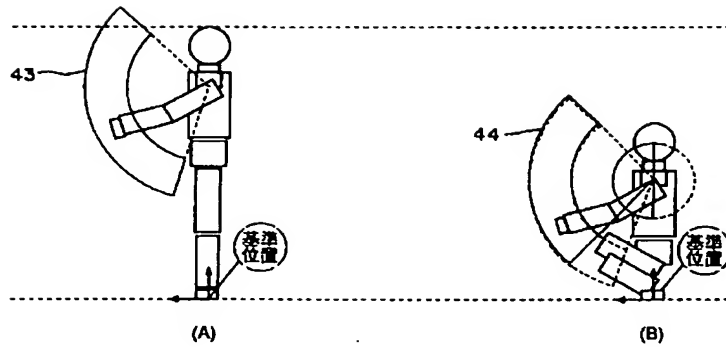
【図 1 0】



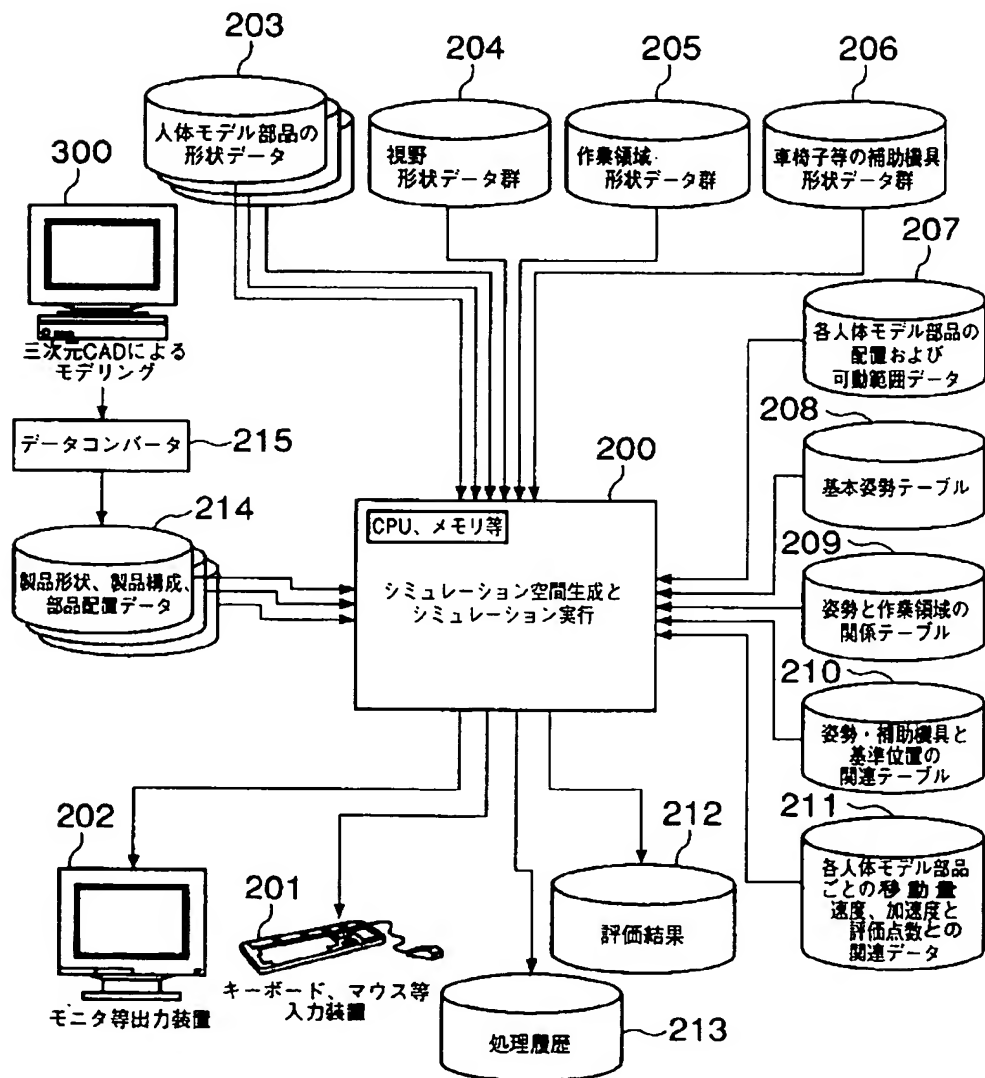
【図 1 1】



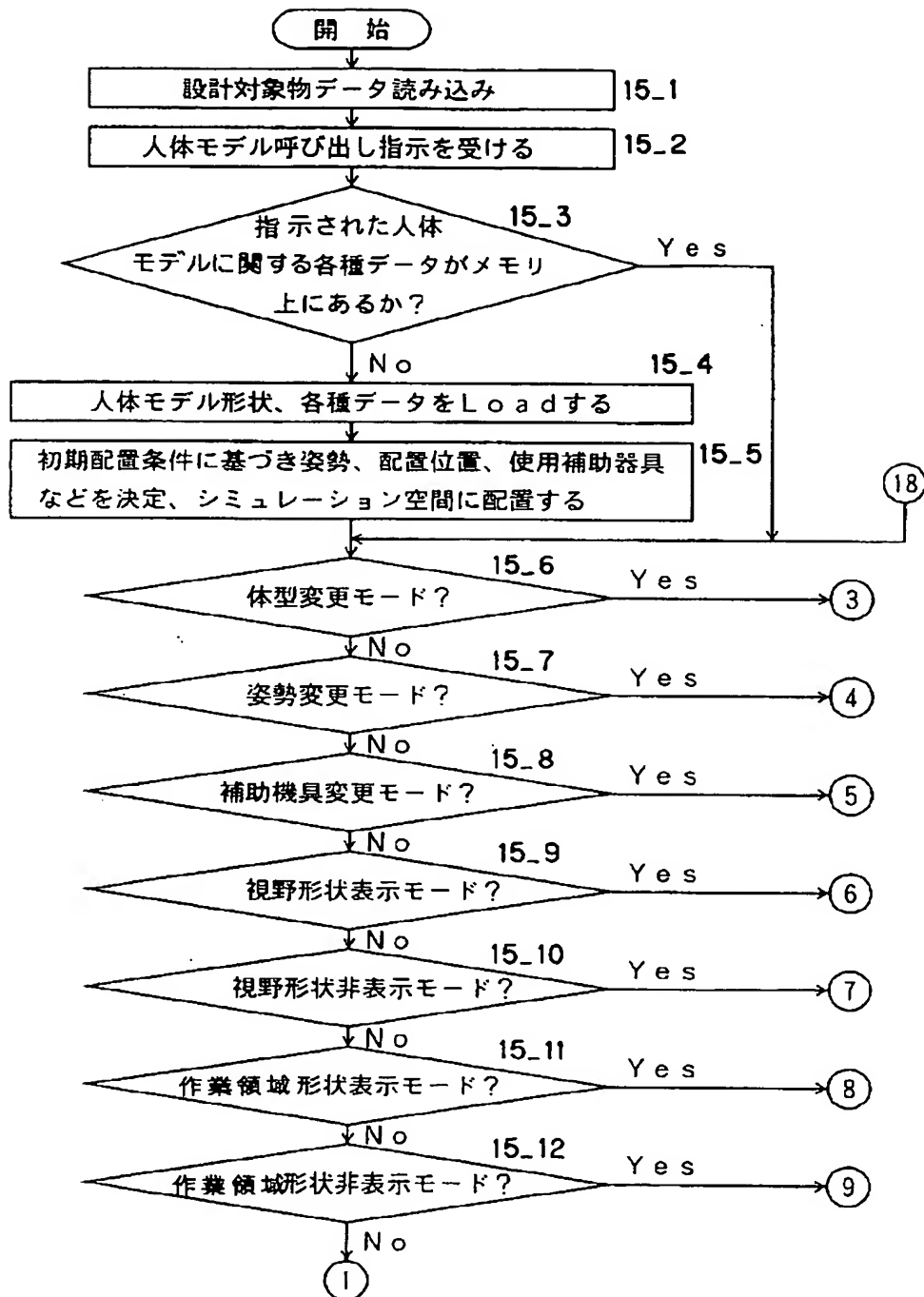
【図 12】



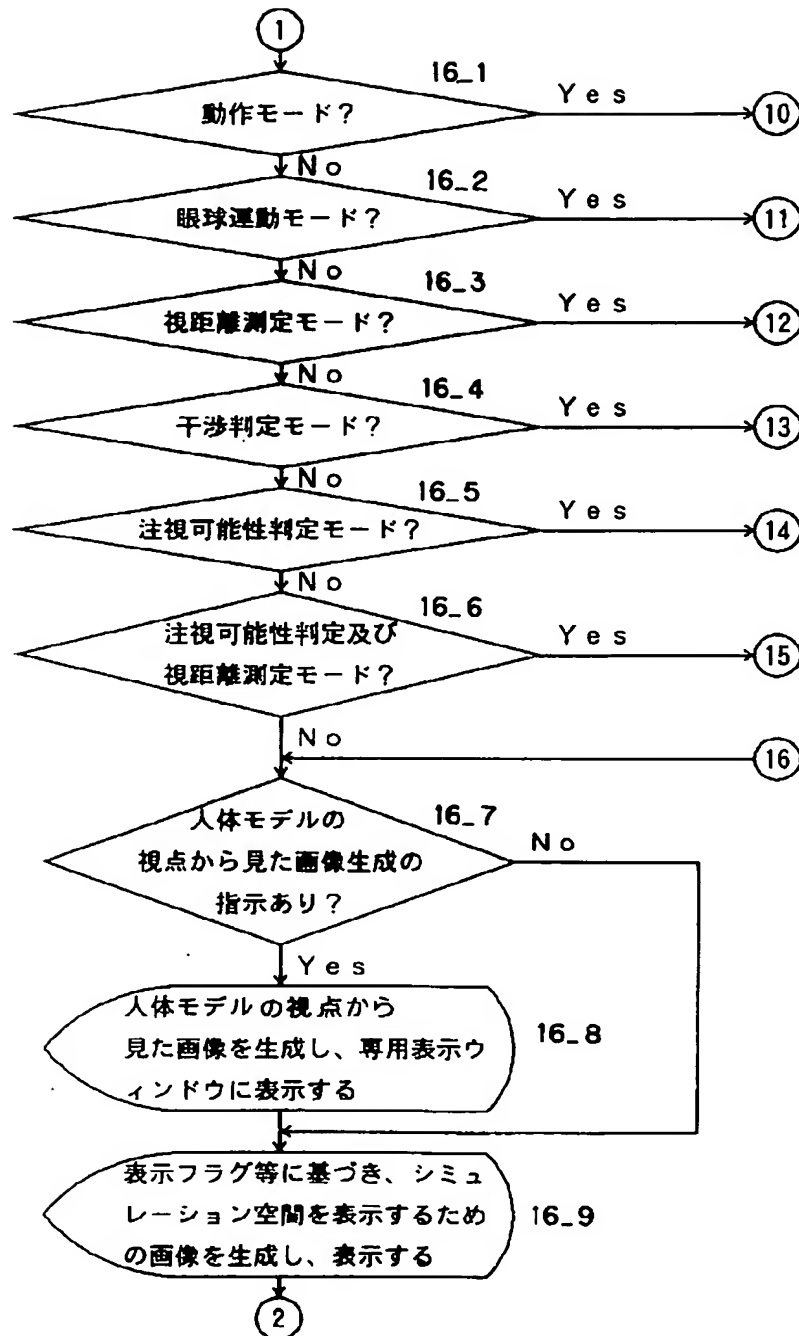
【図 14】



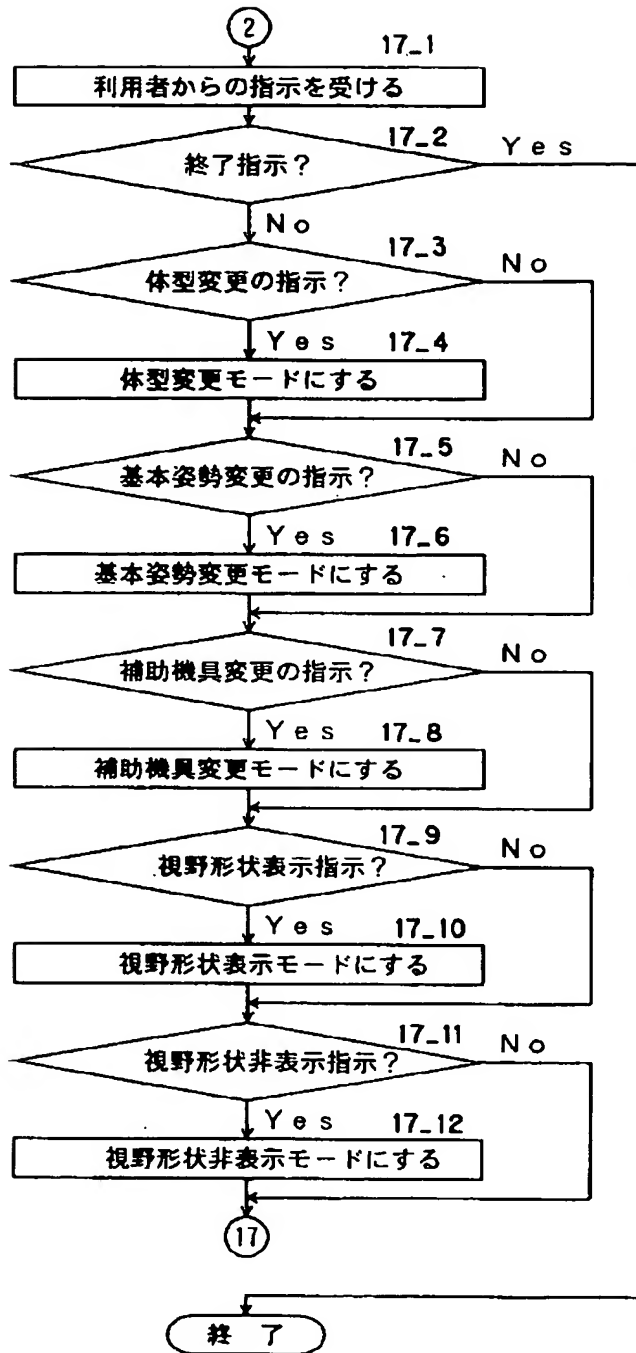
【図 1 5】



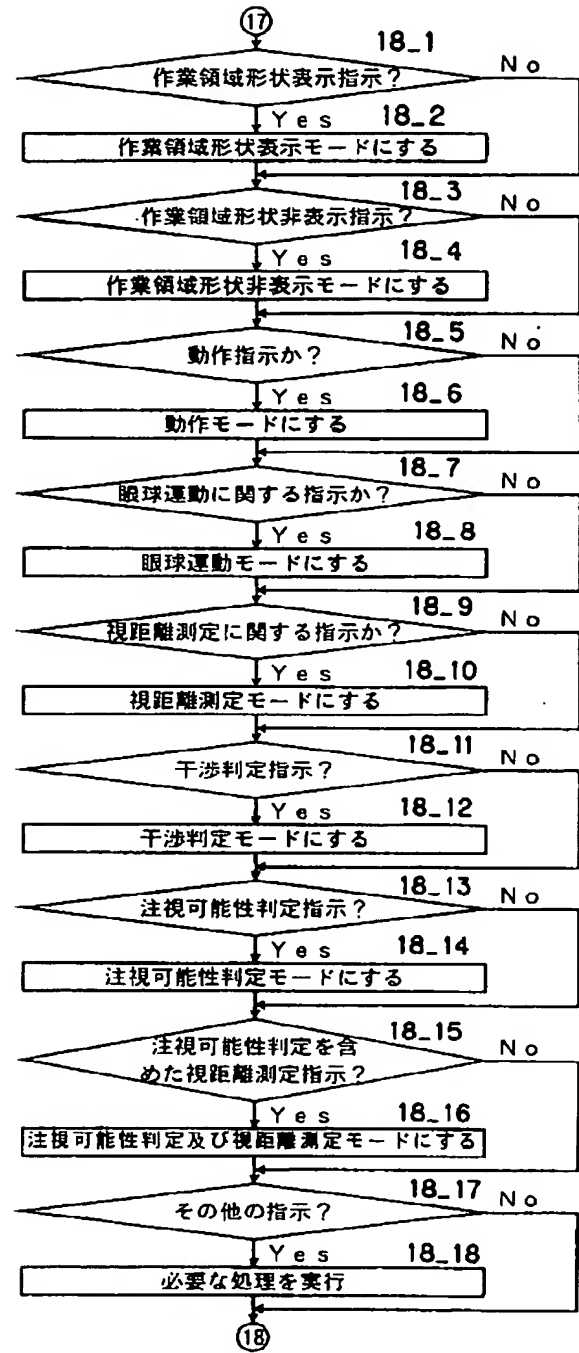
【図 16】



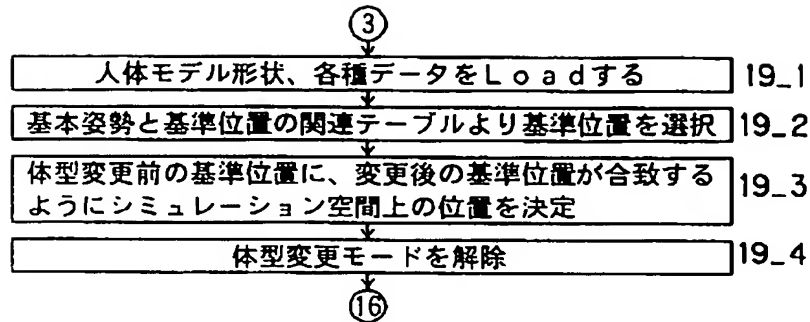
【図 17】



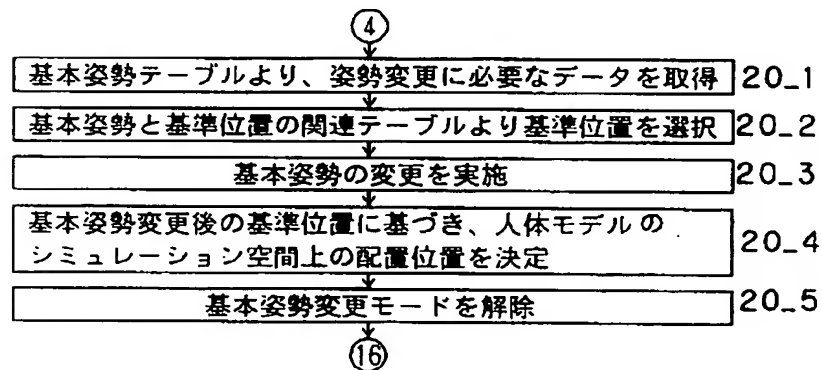
【図 18】



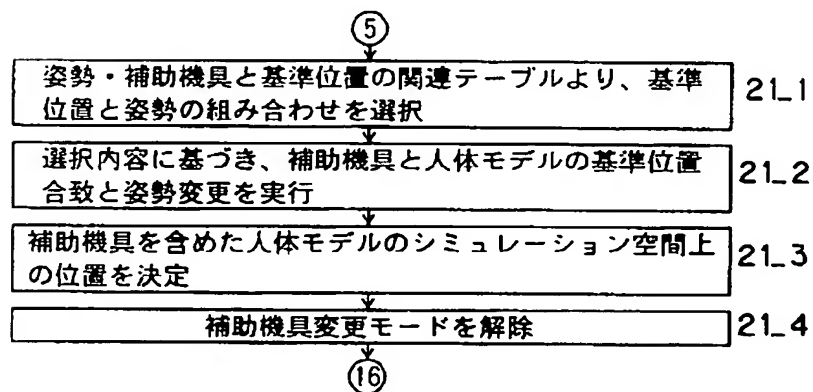
【図 1 9】



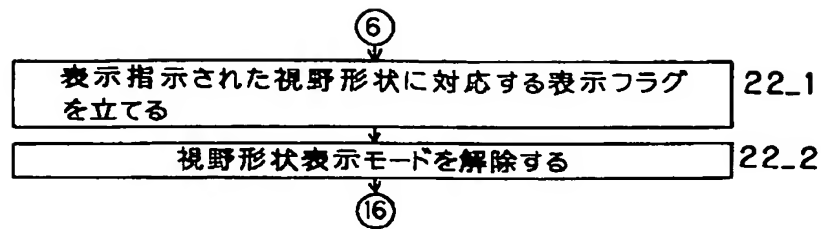
【図 2 0】



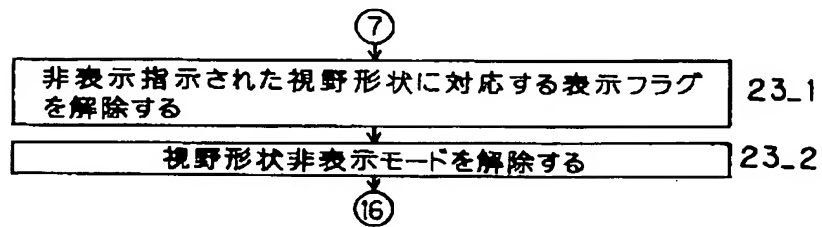
【図 2 1】



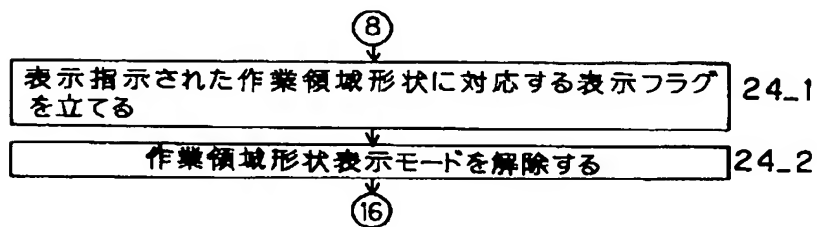
【図 22】



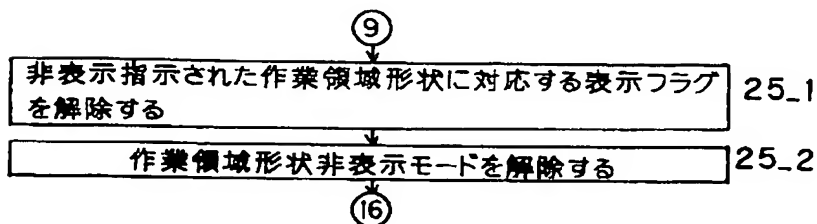
【図 23】



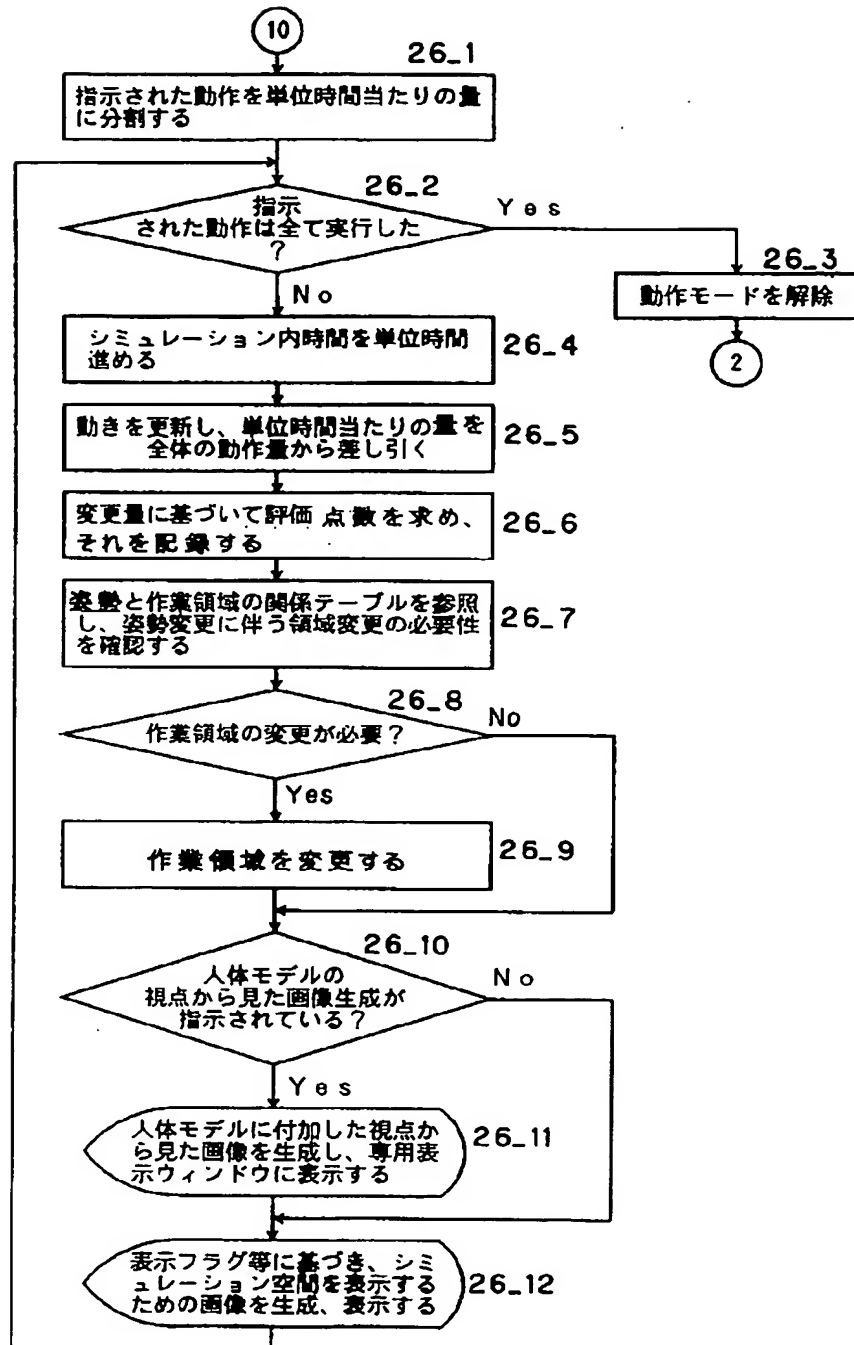
【図 24】



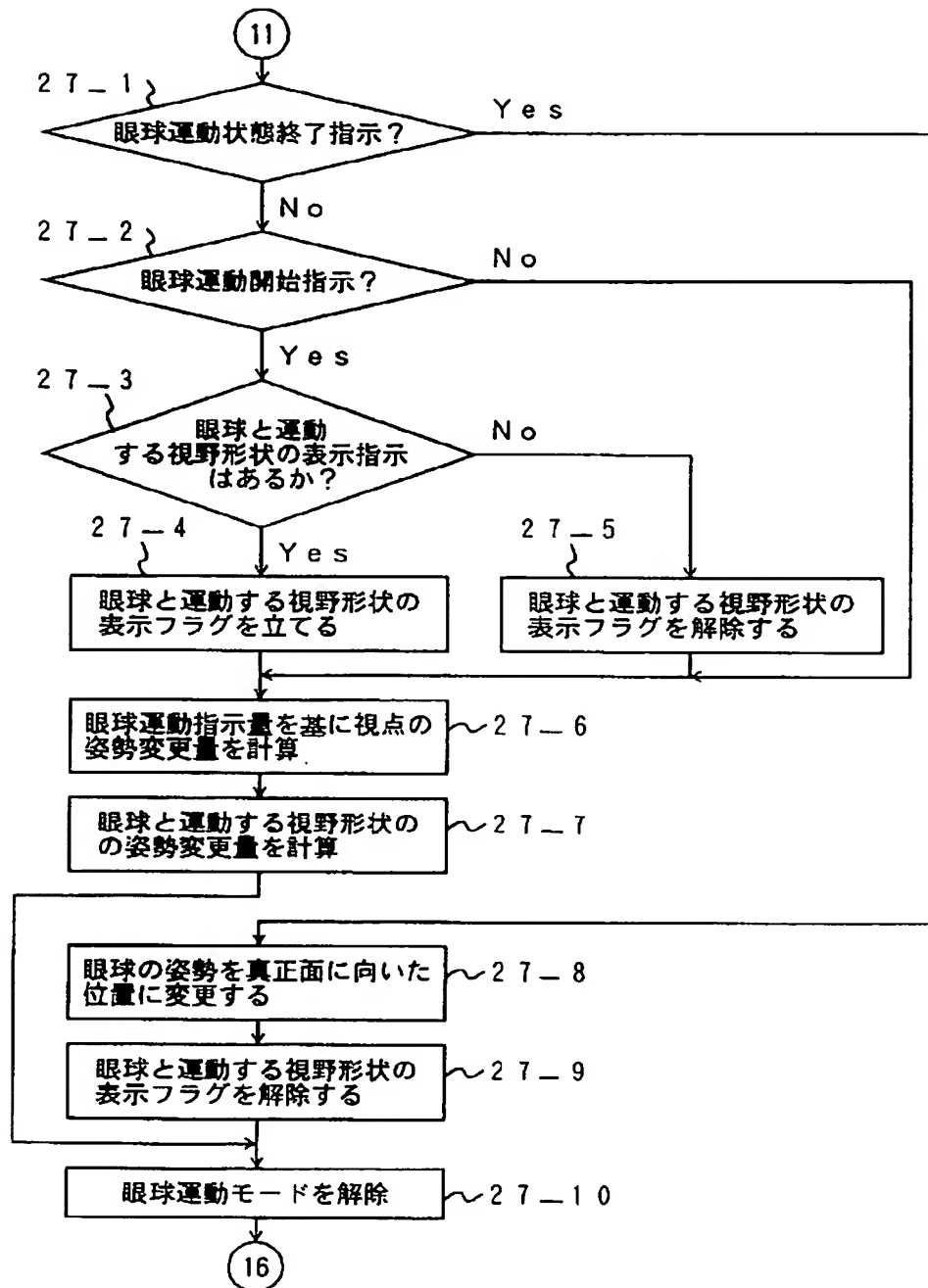
【図 25】



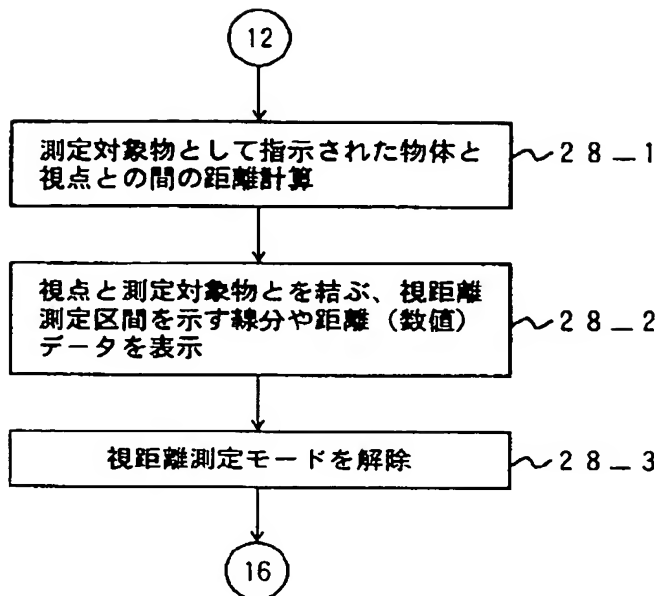
【図 26】



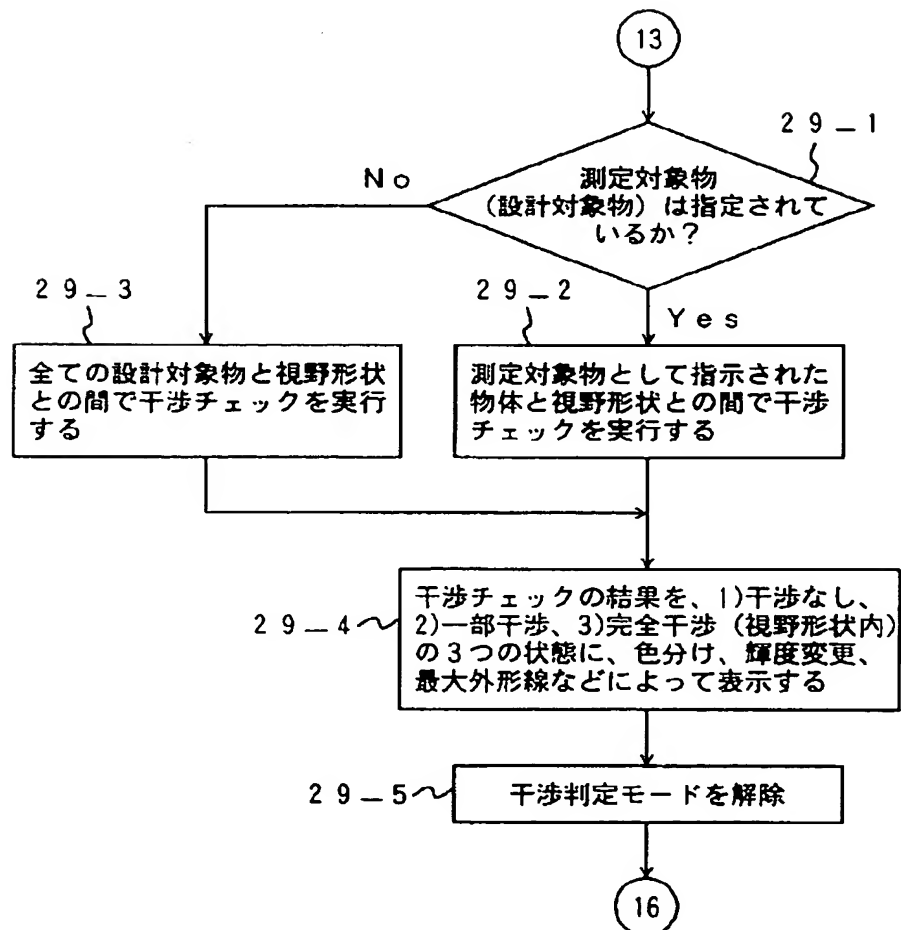
【図 27】



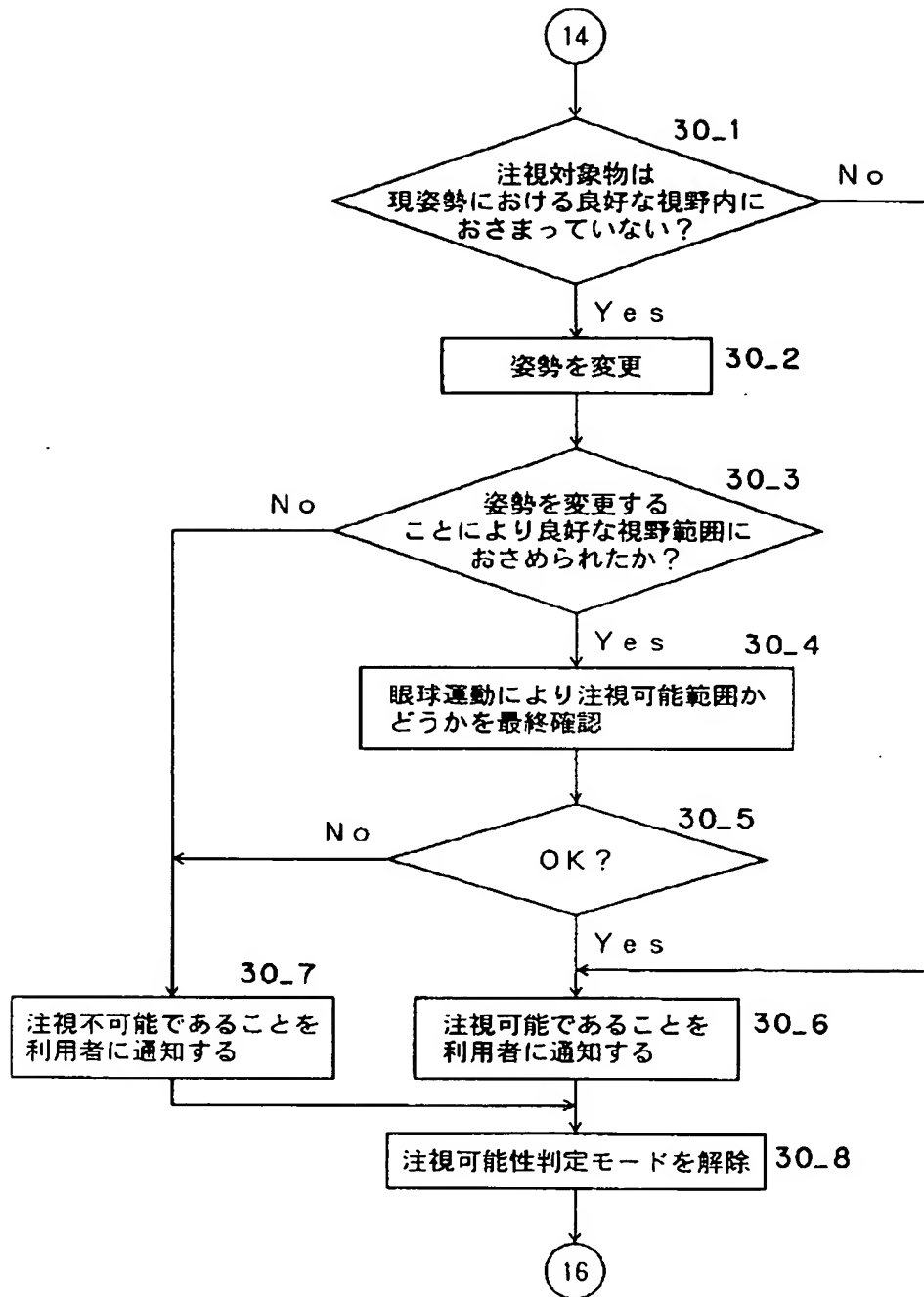
【図 28】



【図 29】



【図 30】



【図 31】

